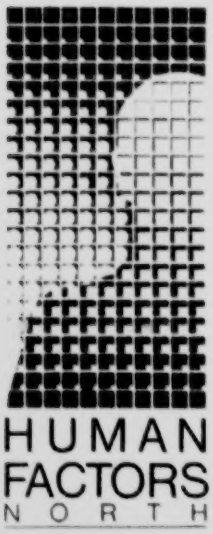
TP 14206F

ÉTUDE DES PÉRIODES DE RÉCUPÉRATION CHEZ LES CONDUCTEURS DE VÉHICULES UTILITAIRES : RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Préparé pour le
Centre de développement des transports
de
Transports Canada



par
Human Factors North Inc.

Mai 2003

TP 14206F

ÉTUDE DES PÉRIODES DE RÉCUPÉRATION CHEZ LES CONDUCTEURS DE VÉHICULES UTILITAIRES : RECHERCHE DOCUMENTAIRE

par
Alison Smiley, Ph.D., CCPE
Diane B. Boivin, M.D., Ph.D.
Ron Heslegrave, Ph.D.
Dianne Davis, M.Eng., M.A.

Human Factors North Inc.

Mai 2003

Les opinions et les vues exprimées dans ce rapport sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de développement des transports de Transports Canada ou des organismes coparrains.

This report is also available in English under the title "Investigation of Commercial Motor Vehicle Driver Cumulative Fatigue Recovery Periods: Literature Review", TP 14206E.

Transports Canada Transport Canada

FORMULE DE DONNÉES POUR PUBLICATION

1. N° de la publication de Transports Canada	2. N° de l'étude	3. N° de catalogue du destinataire
TP 14206F	5106	

4. Titre et sous-titre

Étude des périodes de récupération chez les conducteurs de véhicules utilitaires : Recherche documentaire

5. Date de la publication

Mai 2003

6. N° de document de l'organisme exécutant

7. Auteur(s)

Alison Smiley, Diane B. Boivin, Ron Heslegrave et Dianne Davis

8. N° de dossier - Transports Canada

2450-D-692

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant

Human Factors North Inc.
118 Baldwin Street
Toronto, Ontario
Canada M5T 1L6

10. N° de dossier - TPSGC

MTB-1-01590

11. N° de contrat - TPSGC ou Transports Canada

T8200-011525/001/MTB

12. Nom et adresse de l'organisme parrain

Centre de développement des transports (CDT)
800, boul. René-Lévesque Ouest
Bureau 600
Montréal (Québec)
H3B 1X9

13. Genre de publication et période visée

Final

14. Agent de projet

Valérie Gil et Sesto Vespa

15. Remarques additionnelles (programmes de financement, titres de publications connexes, etc.)

Coparrainé par la Federal Motor Carrier Safety Administration des États-Unis et la Direction générale de la sécurité routière de Transports Canada.

16. Résumé

Les gouvernements et l'industrie du camionnage souhaitent établir un cadre réglementaire et un cadre d'exploitation optimaux, qui mèneront à une meilleure gestion de la fatigue des conducteurs de véhicules utilitaires, et à une diminution des accidents. Ils constatent toutefois des lacunes dans les données scientifiques sur la durée des périodes hors service nécessaires pour récupérer à la suite de divers horaires de travail, en particulier les horaires de nuit.

Le présent rapport rend compte de la première phase du projet *Étude des périodes de récupération chez les conducteurs de véhicules utilitaires*, qui avait deux objectifs : recenser la littérature sur la récupération, et mettre au point des protocoles expérimentaux pour cerner les besoins de récupération des conducteurs.

La littérature recensée portait sur la récupération dans l'industrie du camionnage et dans d'autres contextes, et sur les différences individuelles, le sommeil et les sommes. Par ailleurs, il a été déterminé que les variables à inclure dans les protocoles expérimentaux comprennent les horaires de travail et de repos, diverses mesures, les critères de sélection et les différences individuelles (âge, tendance à faire des siestes, autoperception de sa vulnérabilité à la fatigue).

Selon les lacunes constatées au cours de la recherche documentaire, huit types d'expériences ont été proposées pour étudier la question de la récupération. Parmi celles-ci figurent des études sur le terrain, des études en laboratoire et des études épidémiologiques. La deuxième phase du projet consistera à élaborer les protocoles.

17. Mots clés	18. Diffusion
Fatigue des conducteurs, conducteurs de véhicules utilitaires, récupération à la suite d'une fatigue accumulée, différences individuelles, heures de service, horaires de travail	Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

19. Classification de sécurité (de cette publication)	20. Classification de sécurité (de cette page)	21. Déclassification (date)	22. Nombre de pages	23. Prix
Non classifiée	Non classifiée	—	xiv, 67	Port et manutention

Transport Canada / Transports Canada

PUBLICATION DATA FORM

1. Transport Canada Publication No.	2. Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 14206F	5106	

4. Title and Subtitle	5. Publication Date
Étude des périodes de récupération chez les conducteurs de véhicules utilitaires : Recherche documentaire	May 2003
	6. Performing Organization Document No.

7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
Alison Smiley, Diane B. Boivin, Ron Heslegrave, and Dianne Davis	2450-D-692

9. Performing Organization Name and Address	10. PWGSC File No.
Human Factors North Inc. 118 Baldwin Street Toronto, Ontario Canada M5T 1L6	MTB-1-01590
	11. PWGSC or Transport Canada Contract No.
	T8200-011525/001/MTB

12. Sponsoring Agency Name and Address	13. Type of Publication and Period Covered
Transportation Development Centre (TDC) 800 René Lévesque Blvd. West Suite 600 Montreal, Quebec H3B 1X9	Final
	14. Project Officer
	Valérie Gil and Sesto Vespa

15. Supplementary Notes (Funding programs, titles of related publications, etc.)

Co-sponsored by the U.S. Federal Motor Carrier Safety Administration and by Transport Canada's Road Safety Directorate

16. Abstract

Governments and the trucking industry would like to provide an optimal regulatory and operating framework within which Commercial Motor Vehicle (CMV) driver fatigue can be better managed to reduce its contribution to collisions. There is insufficient scientific information concerning the length of time required for drivers to recover from various types of work schedules, particularly night schedules.

This report covers Phase 1 of the project, Investigation of Commercial Motor Vehicle Driver Cumulative Fatigue Recovery. The goals of Phase 1 were two-fold: to review literature related to recovery, and to develop experimental protocols to examine driver recovery needs.

The literature on recovery in trucking and in other contexts, individual differences, sleep, and napping, was examined. Factors necessary to consider in the design of the experimental protocols were determined to include work-rest schedules, measures, screening criteria, and individual differences (age, tendency to nap, self-perceived vulnerability to fatigue).

Based on gaps identified in the literature review, eight experimental options, including field, laboratory and epidemiological studies, were formulated to address the specific question of recovery from fatigue. These protocols are further developed in Phase 2 of the project.

17. Key Words	18. Distribution Statement
Driver fatigue, commercial motor vehicle drivers, cumulative fatigue recovery, individual differences, hours of service, work schedules	Limited number of copies available from the Transportation Development Centre

19. Security Classification (of this publication)	20. Security Classification (of this page)	21. Declassification (date)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	—	xiv, 67	Shipping/ Handling

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier l'Office of Motor Carrier Standards du Department of Transportation des États-Unis, pour sa collaboration, ainsi que Sesto Vespa et Valérie Gil, du Centre de développement des transports de Transports Canada, pour leurs appuis et leurs conseils.

SOMMAIRE

Les gouvernements et l'industrie du camionnage souhaitent optimiser l'encadrement réglementaire et opérationnel du transport routier pour mieux combattre la fatigue chez les conducteurs de véhicules utilitaires et réduire le rôle de celle-ci dans les accidents. Il existe peu de données scientifiques concernant le temps de repos nécessaire aux conducteurs pour se remettre de la fatigue accumulée à la suite de divers types d'horaires de travail, en particulier d'horaires de nuit. La phase I de *l'Étude des périodes de récupération chez les conducteurs de véhicules utilitaires : Recherche documentaire* poursuit deux objectifs : premièrement, recenser la littérature sur la récupération et deuxièmement, élaborer des protocoles expérimentaux pour étudier le temps nécessaire aux conducteurs pour récupérer. Ces protocoles seront peaufinés au cours de la phase II du présent projet, après l'administration d'un questionnaire sur les horaires types des conducteurs de véhicules utilitaires.

1. Résultats de la recherche documentaire

La récupération dans l'industrie du camionnage

Les données sur le sommeil et les déviations de trajectoire colligées lors d'une étude en service auprès d'un petit nombre de conducteurs ont révélé qu'une période de repos de 60 heures est préférable à une période de repos de 36 heures, autant pour les conducteurs affectés à des horaires de jour que pour ceux affectés à des horaires de nuit, mais surtout pour ces derniers (Wylie, Shultz, Miller, Mitler et Mackie, 1997). Deux recherches en laboratoire ont porté sur la récupération après des périodes de conduite diurne. La première a révélé qu'une période de repos de 36 heures, composée d'une journée et de deux nuits complètes, permettait de récupérer complètement de la fatigue associée à la conduite diurne (O'Neill, Kruegar, Van Hemel et McGowan, 1999). La deuxième a révélé une déterioration importante de la performance chez les conducteurs qui disposaient d'au plus sept heures pour dormir de façon ininterrompue au cours d'un cycle de travail; cette détérioration était proportionnelle au manque de sommeil (Balkin, Thome, Sing, Thomas, Redmond, Wesensten, Williams, Hall et Belenky, 2000). Ainsi, après une période dite «de récupération» de quatre jours, les conducteurs qui n'avaient dormi que trois heures entre deux quarts de travail avaient peu récupéré, tandis que ceux qui avaient eu de cinq à sept heures pour dormir n'avaient récupéré que partiellement, même après trois nuits de sommeil.

La récupération dans d'autres secteurs d'activité

Une méta-analyse a révélé que pour la plupart des horaires, de jour ou de nuit, à rotation hebdomadaire ou rapide, réguliers ou irréguliers, il suffisait d'une seule journée de repos, y compris d'une nuit complète de sommeil, pour produire une bonne récupération, lorsque celle-ci était mesurée par la perception subjective de la somnolence. Des exceptions ont toutefois été notées : les travailleurs de la construction affectés à des horaires de sept quarts consécutifs de jour d'une durée de 12 heures, qui avaient besoin de trois à quatre jours de repos pour atteindre des valeurs normales de somnolence, et les travailleurs de plates-formes pétrolières travaillant 14 quarts consécutifs de nuit d'une durée de 12 heures, qui n'avaient pas complètement récupéré, même après quatre à cinq jours de congé. Dans une étude sur les contre-mesures à la fatigue, Akerstedt a mentionné que la plupart des travailleurs par quarts déclarent avoir besoin d'au moins deux jours, et de deux épisodes normaux de sommeil, pour récupérer à la suite de trois quarts de nuit

consécutifs (Akerstedt, 1998). Cette étude a également montré qu'on a besoin d'un jour de plus pour récupérer après un cycle de sept quarts de travail consécutifs (par rapport à un cycle de trois quarts de travail).

Une étude de divers horaires de travail conçus pour des infirmières donne à penser que certaines mesures, comme la vigilance, la durée du sommeil, l'humeur et la satisfaction sociale, ont tendance à fléchir le premier jour de repos, et qu'au moins deux jours de repos sont nécessaires (Totterdell, Spelten, Smith, Barton et Folkard, 1995).

Une autre étude, qui a porté sur l'effet du manque chronique de sommeil, a révélé que la privation d'un même nombre d'heures de sommeil influe beaucoup plus sur la performance lorsque la personne dort le jour que lorsqu'elle dort la nuit (Rogers, Van Dongen, Power IV, Carlin, Szuba, Maislin et Dinges, 2000). Cette étude a examiné la récupération à la suite d'horaires ne permettant que des périodes de sommeil diurne. Pendant dix jours, les sujets devaient dormir seulement le jour, après quoi ils bénéficiaient de deux jours de récupération, y compris d'une période de sommeil nocturne d'une durée de dix heures. Ces résultats soulignent l'importance de tenir compte du moment où le sommeil est pris et de la durée de la période de repos. Une étude sur la privation de sommeil effectuée par Price, Rogers, Fox, Szuba, Van Dongen et Dinges (2000) a révélé que lorsque les travailleurs ont plus de temps pour se reposer et dormir, ils se remettent plus rapidement d'un déficit de sommeil aigu.

Les différences individuelles

Lors d'une étude sur le terrain de conducteurs de jour affectés à de courts trajets, Hanowski et coll. (2000) ont constaté que les conducteurs qui montraient des signes de fatigue et qui étaient impliqués dans des incidents reliés à la fatigue dormaient moins et moins bien que les conducteurs qui ne montraient pas de signes de fatigue (Hanowski, Wierwille, Gellatly, Early et Dingus, 2000). La plupart des incidents étaient le fait de conducteurs jeunes et peu expérimentés, qui étaient davantage somnolents au volant.

Selon une des études sur des infirmières affectées à des horaires permanents de jour et de nuit, une minorité des infirmières de nuit s'adaptent physiologiquement au travail de nuit et sont capables d'un rendement semblable à celui des infirmières de jour (Quera-Salva, Guilleminault, Claustrat, Defrance, Gajdos, Crowe McCann et De Lattre, 1997). De même, lorsque les rythmes de la mélatonine ont été étudiés, une minorité de travailleurs de nuit se sont classés parmi les «adaptants» (Weibel, Spiegel, Gronfier, Follenius et Brandenberger, 1997). À l'inverse, d'autres chercheurs, qui mesuraient l'adaptation selon le niveau de cortisol, ont conclu que la majorité étaient des «adaptants» (Hennig, Moritz, Huwe et Netter, 1998).

Au cours d'une étude menée avec des infirmières travaillant toujours de nuit, Boivin et James ont constaté qu'il est possible, par la photothérapie, de modifier les rythmes circadiens en fonction des horaires de travail (Boivin et James, 2002). Une autre étude a montré que les infirmières qui se soumettaient à la photothérapie dormaient significativement plus longtemps le jour, au retour de leur quart de nuit (James, Chevrier et Boivin, 2002).

Les études sur la privation de sommeil ont montré que plus on avance en âge, plus on a de la difficulté à se remettre d'heures de sommeil perdues (Gaudreau, Morettini, Lavoie et Carrier, 2001). Elles ont aussi révélé d'importantes différences individuelles en ce qui a trait à la détérioration de la performance par suite d'un manque de sommeil (Van Dongen, Baynard, Nosker et Gingues, 2002). Toutefois, au terme d'une étude sur les différences individuelles que sont le sexe, l'âge, le profil psychologique, les chronotypes et les variations du rythme circadien, Nachreiner a conclu qu'aucun de ces traits ne permet de prédire de façon fiable la capacité d'une personne à s'adapter au travail posté (Nachreiner, 1998).

Au terme d'un examen de plusieurs horaires, Knauth conclut que les travailleurs postés ont besoin de deux jours pour se remettre de trois quarts de nuit consécutifs, et de trois jours pour se remettre de sept quarts de nuit consécutifs (Knauth, 1997). On peut alors penser qu'une période de repos de 36 heures serait insuffisante pour compenser un déficit de sommeil accumulé au cours du cycle de travail.

Le sommeil

Une étude actigraphique du sommeil effectuée sur 50 conducteurs de véhicules utilitaires courte distance et longue distance s'est étalée sur 20 jours consécutifs. Elle a révélé que, quelle que soit la longueur de leurs trajets, tous les conducteurs dormaient en moyenne 7,5 heures par période de 24 heures (Balkin et coll., 2000). Les conducteurs qui effectuaient de courts trajets prenaient 3 p. 100 de leur temps de sommeil pendant leurs quarts de travail, tandis que les conducteurs longue distance prenaient 44 p. 100 de leur temps de sommeil pendant leurs quarts de travail, ce qui mène à penser que les conducteurs au long cours passaient une partie importante de leur quart de travail à se sentir en déficit de sommeil. Les temps de sommeil variaient considérablement d'un conducteur à l'autre – la valeur maximale était de 11,2 heures en une journée, pendant les 20 jours de l'étude.

Les siestes

Aucune étude sur la relation entre les siestes et la récupération chez les conducteurs de véhicules utilitaires n'a été trouvée. Toutefois, l'efficacité des siestes à améliorer la performance et à réduire le déficit de sommeil a été démontrée dans un certain nombre de contextes : chez des camionneurs, au cours d'un quart de nuit simulé, après un après-midi pendant lequel ils avaient eu la possibilité de dormir trois heures; chez des contrôleurs aériens, pendant un quart de nuit, après une pause-sieste prévue à l'horaire; chez le personnel d'un service des urgences, après une sieste de 40 minutes prise au milieu du quart de nuit, et immédiatement après une sieste de dix minutes prise l'après-midi. Les travailleurs de nuit sont plus susceptibles que les autres d'avoir de la difficulté à dormir et de faire des siestes.

2. Protocoles expérimentaux

Huit options ont été élaborées. Voici ces options, assorties des hypothèses à vérifier :

1. Options 1, 2 et 3 : Le plan d'expérience de base est une étude sur le terrain d'un cycle de quatre à cinq quarts de conduite (de jour ou de nuit) suivis d'un, deux ou trois jours de repos, puis de trois à cinq quarts de conduite (de jour ou de nuit). La première hypothèse est que la période de récupération nécessaire pour renouer avec un niveau de performance de référence sera plus longue après une période de conduite de nuit suivie d'une autre période de conduite

de nuit, qu'après une période de conduite de jour suivie d'une autre période de conduite de jour. Une période de conduite de nuit suivie d'une période de conduite de jour nécessitera une période de récupération intermédiaire.

2. Option 4 : Même plan d'expérience, mais comportant uniquement des quarts de nuit. La deuxième hypothèse est qu'une pause obligatoire de deux heures entre minuit et 6 h pour faire la sieste (une mesure proposée pour les programmes de gestion de la fatigue), comparativement à une nuit sans sieste ou ponctuée d'une courte sieste, raccourcira la période de récupération nécessaire après une nuit de conduite.

3. Option 5 : Étude en laboratoire comportant des tests de performance pendant la nuit, une période de quatre heures de sommeil, puis des tests pendant le jour. L'hypothèse 3 est que les conducteurs qui se perçoivent eux-mêmes comme ayant de la difficulté à conduire la nuit et à récupérer auront besoin de périodes de récupération plus longues.

4. Option 6 : Même plan d'expérience de base que dans les options 1, 2 et 3, mais le moment du sommeil varie, et il est morcelé. La quatrième hypothèse est que les conducteurs qui dorment d'une seule traite pendant une période de conduite auront besoin de moins de temps de récupération que les conducteurs dont le sommeil est morcelé, et que ces effets seront plus puissants chez les conducteurs de nuit que chez les conducteurs de jour.

5. Option 7 : Même plan d'expérience que dans l'option 6, mais avec une séquence de quarts de travail plus courte. La cinquième hypothèse est que des cycles de travail plus courts (l'option 7 par rapport à l'option 6) nécessiteront des périodes de récupération moins longues.

6. Option 8 : Étude épidémiologique cas-témoin de conducteurs impliqués dans des accidents. La sixième hypothèse est que plus les périodes de récupération sont courtes, plus le pourcentage de conduite de nuit est élevé, plus les heures de travail sont longues et plus la période sans sommeil s'allonge, plus le risque d'accident est élevé.

105-01134/

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

1.1 Recherche documentaire 1
1.2 Protocoles expérimentaux 2

2 LA RÉCUPÉRATION DANS L'INDUSTRIE DU CAMIONNAGE 3

3 LA RÉCUPÉRATION DANS D'AUTRES SECTEURS D'ACTIVITÉ 9

4 LES DIFFÉRENCES INDIVIDUELLES 17

5 LE SOMMEIL 25

6 LES SIESTES 27

7 DISCUSSION ET CONCLUSIONS 35

7.1 La récupération dans l'industrie du camionnage 35
7.2 La récupération dans d'autres secteurs d'activité 36
7.3 Les différences individuelles 37
7.4 Le sommeil 39
7.5 Les siestes 39

8 FACTEURS À PRENDRE EN COMPTE DANS LES PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX 43

9 PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX 47

9.1 Objectifs et hypothèses 47
9.2 Hypothèses à vérifier 48
9.3 Option 1 : Étude sur le terrain chez des conducteurs de nuit (plan de base) 49
9.3.1 Plan d'expérience 49
9.3.2 Justification 49
9.3.3 Conducteurs 51
9.3.4 Mesures 51
9.4 Option 2 : Variante de l'étude sur le terrain – Conducteurs de nuit qui passent à la conduite de jour 53
9.4.1 Plan d'expérience 53
9.4.2 Justification 53
9.4.3 Conducteurs 54
9.4.4 Mesures 54
9.5 Option 3 : Variante de l'étude sur le terrain – Conducteurs de jour qui continuent de conduire le jour 55
9.5.1 Plan d'expérience 55
9.5.2 Justification 55
9.5.3 Conducteurs 56
9.5.4 Mesures 56
9.6 Option 4 : Étude sur le terrain de la conduite de nuit, avec une sieste de deux heures et aucune sieste 56
9.6.1 Plan d'expérience 56
9.6.2 Conducteurs 57
9.6.3 Mesures 57

9.7 PROTOCOLE 5 : ÉTUDE EN LABORATOIRE DU LIEN ENTRE L'AUTOPERCEPTION DE LA DIFFICULTÉ À CONDUIRE LA NUIT ET LA RÉCUPÉRATION 57
9.7.1 Plan d'expérience 58
9.7.2 Justification 58
9.7.3 Conducteurs 59
9.7.4 Mesures 59
9.8 OPTION 6 : ÉTUDE EN LABORATOIRE DE L'EFFET DU SOMMEIL AGRÉGÉ VS MORCELÉ SUR LA RÉCUPÉRATION 59
9.8.1 Plan d'expérience 60
9.8.2 Justification 60
9.8.3 Conducteurs 61
9.8.4 Mesures 61
9.9 OPTION 7 : ÉTUDE EN LABORATOIRE DE L'EFFET DU SOMMEIL AGRÉGÉ VS MORCELÉ SUR LA RÉCUPÉRATION, APRÈS DE COURTES PÉRIODES DE CONDUITE 62
9.9.1 Plan d'expérience 62
9.9.2 Conducteurs 63
9.9.3 Mesures 63
9.10 OPTION 8 : ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE DE L'EFFET DE L'HORAIRE ET DE LA PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION SUR LE RISQUE D'ACCIDENT 63
RÉFÉRENCES 65

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 OPTION 1 : ÉTUDE SUR LE TERRAIN CHEZ DES CONDUCTEURS DE NUIT – PLAN DE BASE 49
FIGURE 2 OPTION 2 : VARIANTE DE L'ÉTUDE SUR LE TERRAIN – CONDUCTEURS DE NUIT QUI PASSENT À LA CONDUITE DE JOUR 53
FIGURE 3 OPTION 3 : VARIANTE DE L'ÉTUDE SUR LE TERRAIN – CONDUCTEURS DE JOUR QUI CONTINUENT À CONDUIRE LE JOUR 55
FIGURE 4 OPTION 4 : VARIANTE DE L'ÉTUDE SUR LE TERRAIN – SIESTE DE DEUX HEURES OU AUCUNE SIESTE 57
FIGURE 5 OPTION 5 : ÉTUDE EN LABORATOIRE – DÉTERMINATION DE LA VALEUR PRÉDICTIVE DE L'AUTOPERCEPTION DE LA SUSCEPTIBILITÉ À LA FATIGUE 58
FIGURE 6 OPTION 6 : ÉTUDE EN LABORATOIRE DE L'EFFET DU SOMMEIL AGRÉGÉ VS MORCELÉ SUR LA RÉCUPÉRATION 60
FIGURE 7 OPTION 7 : ÉTUDE EN LABORATOIRE DE L'EFFET DU SOMMEIL AGRÉGÉ VS MORCELÉ SUR LA RÉCUPÉRATION, APRÈS DE COURTES PÉRIODES DE CONDUITE 63

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 PRINCIPAUX FACTEURS À PRENDRE EN COMPTE DANS LES PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX 45
TABLEAU 2 HEURES DE SOMMEIL, DE CONDUITE ET DE REPOS – OPTION 6 61

1 INTRODUCTION

Les gouvernements et l'industrie du camionnage souhaitent optimiser l'encadrement réglementaire et opérationnel du transport routier pour mieux gérer la fatigue chez les conducteurs de véhicules utilitaires et réduire le rôle de celle-ci dans les accidents. Les règles sur les heures de service actuellement en vigueur au Canada ne prévoient pas explicitement de période de repos prolongé (dite «de récupération») qui permettrait aux conducteurs d'alléger leur «dette de sommeil» contractée au fil de plusieurs quarts de travail successifs. Ce problème n'est abordé qu'indirectement, par la limitation du nombre d'heures de service sur une certaine période, sur sept jours, par exemple. (Remarque : Le règlement américain, publié le 28 avril 2003, fait passer de huit heures à dix heures la période de repos minimale entre les périodes de conduite. Il maintient l'interdiction de conduire après 60 heures de service au cours d'une période de sept jours consécutifs ou après 70 heures de service au cours d'une période de huit jours consécutifs. Cependant, le règlement prévoit une disposition de «remise à zéro», qui exige une «période de récupération» d'au moins 34 heures consécutives). Il existe peu de données scientifiques concernant le temps de repos nécessaire aux conducteurs pour récupérer à la suite de divers types d'horaires de travail. Or, il importe de disposer d'une assise scientifique pour établir une période de récupération minimale, qui favoriserait autant la sécurité que le rendement et la qualité de vie des conducteurs.

La phase I de l'*Étude des périodes de récupération chez les conducteurs de véhicules utilitaires : Recherche documentaire* poursuit deux objectifs : premièrement, recenser la littérature sur la récupération et, deuxièmement, élaborer des protocoles expérimentaux pour étudier le temps nécessaire aux conducteurs pour récupérer. Ces protocoles seront peaufinés au cours de la phase II du présent projet, après l'administration d'un questionnaire sur les horaires types des conducteurs de véhicules utilitaires.

1.1 Recherche documentaire

La recherche documentaire porte sur le travail par quarts et la récupération chez les conducteurs de véhicules utilitaires, y compris sur les changements d'horaire, la conduite de nuit, le sommeil diurne et la récupération pendant les heures de repos quotidiennes et les week-ends. La recherche porte également sur le travail par quarts et la récupération dans des secteurs d'activité autres que le camionnage, ainsi que sur les différences individuelles dans l'adaptation au travail par quarts, le sommeil et les siestes. Une analyse critique des méthodologies utilisées fait ressortir les forces et les limites de chaque étude, et aide à interpréter les résultats relatifs à la récupération à la suite d'une fatigue accumulée.

Le catalogue de la Bibliothèque du Centre de développement des transports (CDT) de Transports Canada et les bases de données MEDLINE, TRIS et DIALOG ont été dépouillés. Les interrogations ont été faites à l'aide de diverses combinaisons de mots clés qui ont permis de répertorier des articles portant sur le développement de la fatigue sur plusieurs jours, les différences individuelles et la récupération à la suite d'une fatigue accumulée. Les mots clés utilisés étaient les suivants : fatigue, récupération, conduite, accident, privation de sommeil, vigilance, performance et manque de sommeil, déficit de sommeil et performance au volant, récupération et fatigue, journées de travail prolongées, fatigue accumulée, fatigue aiguë et fatigue chronique.

1.2 Protocoles expérimentaux

Des protocoles d'expérimentation ont été élaborés à partir des résultats de la recherche documentaire. Ces protocoles doivent nous permettre de déterminer la durée minimale des périodes de repos nécessaires aux conducteurs de véhicules utilitaires pour se remettre suffisamment, du point de vue de la sécurité routière, des effets d'une accumulation de fatigue engendrée par divers régimes de travail par quarts, s'étalant sur plusieurs jours et/ou nuits.

2 LA RÉCUPÉRATION DANS L'INDUSTRIE DU CAMIONNAGE

Trois études ont abordé précisément la question de la récupération chez les conducteurs de véhicules utilitaires. Deux de ces études (O'Neill et coll., 1999; Balkin et coll., 2000) ont été menées en laboratoire et une, sur le terrain (Wylie et coll., 1997).

Étude Canada – États-Unis sur les horaires de conduite (Wylie, Shultz, Miller, Mitler et Mackie, 1997)

Cette étude avait pour but de comparer la fatigue découlant des horaires de conduite des conducteurs canadiens par rapport aux horaires des conducteurs américains. L'étude portait sur cinq groupes de conducteurs de véhicules utilitaires. Un groupe de cinq conducteurs travaillait la nuit (c.-à-d. quatre nuits de 13 heures, suivies d'une période de repos de 36 heures, puis de quatre autres nuits de 13 heures) et les autres groupes travaillaient le jour. Trois de ces groupes travaillaient quatre jours de 13 heures et avaient ensuite droit à une période de récupération de durée variable (groupe 1 : 10 à 11 heures, trois conducteurs; groupe 2 : 36 heures, six conducteurs; groupe 3 : 60 heures, six conducteurs) avant de travailler un jour de plus. Les cinq conducteurs du dernier groupe travaillaient quatre jours de 13 heures, étaient en repos pendant 36 heures, puis travaillaient quatre jours supplémentaires.

On a eu recours à un certain nombre de mesures pour évaluer la fatigue. En plus de recueillir les données sur le sommeil et les déviations de trajectoire, les chercheurs ont demandé aux sujets de s'autoévaluer et ont administré des tests prédicteurs de la performance en conduite. Ces tests comprenaient une variante du test psychomoteur de la vigilance (PVT, *Psychomotor Vigilance Test*), qui s'était révélé, dans des études précédentes, très sensible à la somnolence. Le PVT, d'une durée de dix minutes, demande aux conducteurs de réagir aussi rapidement que possible à un bref stimulus visuel. Le temps de réaction et les pertes de vigilance (temps de réaction excédant 500 ms) sont enregistrés.

Les données sur le sommeil et les déviations de trajectoire issues de cette étude donnent à penser qu'une période de repos enjambant deux quarts de travail (d'une durée de 60 heures) est préférable à une période de repos qui n'enjambe qu'un quart de travail (36 heures), et ce, autant pour la conduite de jour que de nuit, mais en particulier pour la conduite de nuit. La structure du sommeil des conducteurs de jour et de nuit, après une période de récupération de 36 heures, semble indiquer une récupération incomplète. Seul le sommeil après la période de récupération (et non pendant) a été mesuré. Au fil de leurs quatre nuits de 13 heures, les conducteurs dormaient de plus en plus, ce qui semble indiquer un besoin croissant de sommeil. Après une période de repos de 36 heures, le premier sommeil des conducteurs de nuit suivant la récupération était très court, soit deux heures, ce qui peut être attribué aux facteurs circadiens associés à l'horaire du sommeil. Mais, si courte qu'ait été la durée totale de leur sommeil, on a noté une augmentation de 50 p. 100 du temps de sommeil lent par rapport à la première période de sommeil de leur cycle de travail précédent. Cette augmentation est le signe de modifications dans la structure du sommeil associées à la récupération à la suite d'un manque de sommeil : il est connu que la privation de sommeil entraîne un sommeil plus profond (une augmentation du sommeil lent) durant la période de sommeil suivante, ce qui favorise la récupération.

Après quatre jours de travail de 13 heures, le sommeil de la première nuit de récupération a été le plus long. Comparée à la première période de sommeil du premier cycle de travail, cette période était composée d'un pourcentage équivalent de sommeil lent, mais le sommeil paradoxal y occupait une place plus importante (70 p. 100 de plus). La durée totale du sommeil pendant la première nuit de récupération était également comparable au temps de sommeil obtenu pendant la première nuit du premier cycle de travail. Le premier sommeil pris par les conducteurs de jour après une période de récupération de 36 heures se caractérisait par une augmentation de 60 p. 100 du sommeil lent, laquelle atteignait 250 p. 100 durant leur période de sommeil suivante. En revanche, les conducteurs de jour qui avaient eu un repos de 60 heures (exemptés de deux quarts de travail) ne présentaient aucune augmentation du sommeil lent à leur deuxième période de sommeil suivant leur retour au travail. On peut déduire de ce qui précède qu'après un repos de 36 heures, on a encore besoin de récupérer (comme le montre l'augmentation du sommeil lent), ce qui n'est pas le cas après un repos de 60 heures (aucune augmentation du sommeil lent n'a été notée chez ces conducteurs, par rapport à une période de sommeil normale).

Les déviations de trajectoire chez les conducteurs de jour qui n'ont pris aucun repos, et chez ceux qui ont eu une ou deux périodes de travail de répit semblent confirmer ces résultats. Les conducteurs qui n'ont pris aucun jour de repos ont connu une baisse importante de leur capacité de rester dans leur voie, de la quatrième à la cinquième période de travail (aucun jour de repos). Par contre, chez les conducteurs qui ont pris un repos de 36 heures, on a enregistré une baisse moins prononcée de cette capacité. Enfin, chez les conducteurs qui avaient bénéficié d'un congé de deux périodes de travail, on n'a enregistré aucune baisse de performance par rapport à leur premier cycle de travail. Ces données donnent à penser qu'un seul quart de travail de congé après quatre longs quarts de jour n'entraîne qu'un rétablissement partiel de la performance telle que mesurée par les déviations de trajectoire.

Une augmentation constante des déviations de trajectoire a été observée chez les conducteurs de nuit, durant les trois dernières nuits de leur premier cycle de travail. La même tendance, mais plus prononcée, s'est manifestée au cours du deuxième cycle, ce qui laisse croire que 36 heures de repos ne peuvent suffire à des conducteurs pour récupérer. D'une manière générale, les déviations de trajectoire étaient plus grandes chez les conducteurs de nuit que chez les conducteurs de jour, peu importe l'horaire de travail. On peut déduire de ces résultats que si des niveaux de performance de jour servent de critère de récupération, alors les conducteurs de nuit ne pourront jamais répondre à ce critère, à moins de bénéficier de périodes de récupération prolongées.

Il faut noter que les résultats de cette étude sont fondés sur des données provenant d'un petit nombre de conducteurs et que, par conséquent, on peut douter de leur reproductibilité.

Étude en simulateur de la récupération après des horaires de jour de 14 heures (O'Neill, Kruegar, Van Hemel et McGowan, 1999)

Cette étude visait à évaluer les effets des pratiques d'exploitation touchant les horaires, le chargement du véhicule et les périodes de récupération sur la vigilance des conducteurs affectés à des horaires de jour. Pendant une semaine, dix conducteurs de véhicules utilitaires de sexe masculin ont participé à des exercices de conduite dans un simulateur, après quoi ils ont été en repos pendant 58 heures. Ce

repos était suivi d'une autre semaine de conduite, d'une période de récupération de 58 heures et d'un dernier jour de conduite, au cours duquel était évaluée la performance après récupération. La moitié des conducteurs ont effectué le chargement (en deux séances de 1,5 heure) pendant trois jours de la première semaine, mais pas la deuxième semaine. L'autre moitié des conducteurs ont fait le contraire (ils ont fait le chargement seulement pendant la deuxième semaine). Les jours de chargement, les conducteurs se prêtaient à deux séances de chargement/déchargement de 90 minutes chacune durant leur période de conduite, soit une le matin et une l'après-midi. Ils commençaient à travailler à 7 h et étaient en service pendant 14 heures (c.-à-d. 12 heures de conduite auxquelles s'ajoutaient des pauses planifiées). Chaque période de service était suivie d'une période de repos de 10 heures.

Des mesures de la somnolence, de la durée du sommeil, de la performance psychomotrice et de la performance en simulateur de conduite ont été recueillies. Pour cela, on a eu recours à l'échelle de Stanford, à des auto-diagnostics de vigilance et à des actigraphes portés au poignet (qui mesuraient la durée du sommeil). Des données ont aussi été recueillies à l'aide du PVT. Les variables de performance en simulateur de conduite comprenaient le maintien de la trajectoire et de la vitesse, et la stratégie de changement de vitesse. Par des essais de réaction (p. ex., crevaison, resserrement de la circulation convergente, brouillard), des formateurs spécialisés évaluaient la vigilance des conducteurs et leur temps de réaction sur une échelle de trois points.

On a évalué les différences individuelles de performance selon l'âge et le rapport taille/poids. Une corrélation a été établie entre l'âge des conducteurs et les déviations de trajectoire ($r = 0{,}508$, $p<0{,}01$) et leur stratégie de changement de vitesse ($r = -0{,}287$, $p<0{,}01$). Le rapport taille/poids des conducteurs (une mesure substitut de l'état de santé générale) a été corrélé avec une faible performance en ce qui a trait au maintien de la trajectoire ($r = -0{,}358$, $p<0{,}001$) et au changement de vitesse ($r = -0{,}428$, $p<0{,}001$).

De façon générale, la réaction des conducteurs se détériorait graduellement au fil des heures de conduite, comme en font foi les essais de réaction. On notait des améliorations après chaque pause, qu'il s'agisse d'un repos, d'une pause-repas ou d'une activité de chargement. Après 6,5 heures de conduite, une pause-repas de 45 minutes redonnait aux conducteurs leur niveau de vigilance de départ (selon les réponses aux essais de réaction). L'habileté à maintenir la vitesse à l'intérieur des limites permises et à changer de vitesse au bon moment se détériorait quelque peu vers la fin de la journée, mais aucune relation linéaire constante n'a pu être établie entre ces baisses de performance et le nombre d'heures de conduite.

La réaction des conducteurs aux situations d'urgence simulées s'améliorait après l'activité physique du matin. Cependant, on notait une augmentation des changements de vitesse, ce qui indique une baisse d'attention et de coordination, et de plus fortes déviations de trajectoire après la séance de chargement du matin. La séance de chargement de l'après-midi semble avoir eu pour seule conséquence d'augmenter les erreurs cognitives, c'est-à-dire des pertes de vigilance entraînant des virages manqués.

Durant la semaine de conduite, on a observé une détérioration légère, mais statistiquement significative des mesures de somnolence subjective, de temps de réaction et de la performance en conduite, d'un jour à l'autre. Cependant, aucune

détérioration cumulative de la réaction des conducteurs dans les situations d'urgence simulée n'a été enregistrée. L'horaire de jour faisant alterner 14 heures de service (12 heures de conduite) et 10 heures de repos sur une semaine de cinq jours n'a pas semblé entraîner d'accumulation significative de fatigue durant la période d'essai de deux semaines.

Les conducteurs sont revenus à leurs niveaux de base de temps de réaction, de performance en conduite simulée et de vigilance dans les 24 premières heures de leur période de récupération après la fin de la semaine de conduite, comme le montrent leur temps de latence du sommeil, leurs résultats aux essais de réaction et leurs auto-diagnostics de somnolence. Cependant, il faut préciser que les conducteurs vivaient dans un appartement durant l'essai. Par conséquent, il se peut que la durée de sommeil ait été plus longue que dans des conditions normales de récupération, alors que les conducteurs ont des obligations familiales et sociales à remplir.

Étude en laboratoire de la récupération engendrée par un sommeil de huit heures, après diverses périodes de sommeil limitées (Balkin, Thome, Sing, Thomas, Redmond, Wesensten, Williams, Hall et Belenky, 2000)

Cette étude avait pour but d'examiner les effets d'une période de récupération sur la performance après sept jours de tests de performance qui succédaient à des périodes de sommeil de durée variable mais limitée. On a réuni pendant trois jours 66 conducteurs de véhicules utilitaires pour une séance d'orientation et des périodes de sommeil en laboratoire, avant d'entreprendre la collecte des données, soit sept jours de tests de performance entrecoupés par des nuits de trois, cinq, sept ou neuf heures de sommeil. La période de récupération qui suivait durait quatre jours, au cours desquels les conducteurs passaient huit heures par nuit au lit. Les mesures comprenaient le test psychomoteur de la vigilance, la batterie de tests d'évaluation de la performance cognitive, des tâches dans le simulateur de conduite (p. ex., maintien de la trajectoire), le temps de latence du sommeil, un électromyogramme et des autoévaluations de la somnolence.

En moyenne, les sujets ont dormi 2,9, 4,7, 6,3 et 7,9 heures pendant les trois, cinq, sept et neuf heures passées respectivement au lit, et ont affiché une baisse de performance proportionnelle à leur manque de sommeil. (Comme l'illustrent les heures de sommeil ci-dessus, le temps de latence du sommeil diminue à mesure que la durée de la nuit raccourcit, ce qui se traduit par une meilleure «efficience» du sommeil, ou une durée de sommeil proportionnellement plus longue dans le temps accordé.) La performance du groupe qui avait trois heures pour dormir plongeait de façon générale sous le niveau de référence dans les deux ou trois premiers jours de sommeil limité. La performance du groupe de cinq heures était toujours plus faible que celle des groupes de sept et de neuf heures. Par contre, la performance des groupes de sept heures et de neuf heures était souvent indifférenciable et elle s'améliorait tout au cours de l'étude. On n'a observé virtuellement aucun effet négatif de la «limitation du sommeil» sur la performance du groupe de neuf heures.

Les effets du manque de sommeil se manifestaient dans toutes les tâches où la vitesse était mesurée (c.-à.-d. où comptaient la vitesse et la précision). Toutes les tâches cognitives étaient sensibles aux variations de la durée du sommeil. Le PVT était le test le plus sensible. (C'était également le plus résistant aux effets de l'apprentissage sur la performance, un aspect important lorsqu'on examine les effets

sur plusieurs jours). Même dans le groupe de sept heures, qui dormait 6,3 heures, les résultats au PVT ont diminué au cours des sept jours. La plupart des mesures de performance en conduite (p. ex., plus grandes déviations de trajectoire, augmentation de la vitesse, augmentation de la variabilité de la vitesse et augmentation des accidents dus à une sortie de route) dénotaient également des effets cumulatifs et/ou proportionnels à la privation de sommeil.

Après la privation prolongée de sommeil, la première période de huit heures au lit (6,5 heures de sommeil) a été insuffisante pour rétablir la performance au PVT. Durant la phase de récupération de quatre jours (huit heures au lit chaque nuit), les groupes de cinq et de sept heures ont peu ou pas récupéré, leurs résultats au PVT demeurant inférieurs à ceux du groupe de neuf heures et à leurs propres niveaux de base. Les résultats au PVT ont révélé une certaine récupération le premier jour dans le groupe de trois heures et une plus grande récupération les jours suivants, mais ils demeuraient bien en-deçà de leur niveau de base et en-deçà de la performance des autres groupes. Pour atteindre ou approcher leurs niveaux de performance de référence au PVT, les sujets avaient souvent besoin d'une deuxième ou d'une troisième nuit de récupération. Ces résultats semblent indiquer qu'après un déficit de sommeil (trois, cinq et sept heures au lit), une seule nuit de huit heures favorise la récupération mais n'apporte pas une récupération complète. On sait que des heures de sommeil supplémentaires sont nécessaires pour récupérer complètement, mais on ne sait pas au bout de combien de périodes de sommeil ultérieures la récupération sera complète. Dans le cas du groupe de trois heures, les résultats donnent à penser que même trois nuits de sommeil normales (huit heures au lit par nuit) ne suffisent pas pour retrouver les niveaux de performance de référence (qui varient selon la tâche). Balkin et coll. (2000) concluent qu'une récupération complète à la suite d'une privation de sommeil marquée et prolongée peut exiger plus de trois nuits de sommeil d'une durée normale (p. 2-85).

Contrairement aux résultats au PVT, le taux d'accidents en simulateur était revenu au niveau de référence après une seule journée de récupération, et ce, pour tous les groupes. En outre, les mesures relatives au maintien de la trajectoire étaient près du niveau de référence pour tous les groupes, sauf le groupe de neuf heures. Ainsi, pendant les jours de récupération, les déviations de trajectoire étaient légèrement plus grandes dans le groupe de neuf heures qui, après s'être vu accorder neuf heures au lit chaque nuit durant la période de travail, n'avait plus droit qu'à huit heures de sommeil.

Cette étude est très instructive quant aux effets des heures de sommeil limitées sur la performance, une expérience courante dans la vie d'aujourd'hui, et particulièrement chez les conducteurs de véhicules utilitaires. L'étude comporte toutefois deux limites : la conduite de nuit n'est pas prise en compte et la période de sommeil de récupération est limitée à huit heures. Ces résultats sont uniques et une répétition de l'étude s'avère nécessaire puisqu'ils tendent à indiquer que trois nuits complètes de sommeil sont insuffisantes pour une récupération complète, même à la suite d'une détérioration mineure de la performance découlant d'un manque de sommeil. Mais la série d'études présentée ci-après donne également à penser que la récupération après des périodes de travail prolongées peut être plus lente que l'on croyait.

3 LA RÉCUPÉRATION DANS D'AUTRES SECTEURS D'ACTIVITÉ

Six études sur le terrain et en laboratoire ont examiné la récupération dans des emplois ou des tâches autres que la conduite. Trois études ont eu lieu sur le terrain. La première portait sur une variété d'horaires et d'emplois et utilisait la vigilance subjective comme mesure principale de la récupération. La seconde a examiné divers horaires de travail chez les infirmières. La récupération était évaluée au moyen de tests informatisés installés dans un ordinateur de poche auxquels se soumettaient les sujets pendant leurs heures de travail. La troisième étude a examiné les types d'horaire et la durée des quarts de travail successifs en tant que contre-mesures à la fatigue chez les conducteurs sur le terrain.

Trois autres études ont eu lieu en laboratoire. Une de ces études a examiné les effets neurocomportementaux du manque de sommeil. Une autre a examiné l'influence des cycles veille-sommeil récents sur le degré de détérioration de la performance neurocomportementale durant une privation complète de sommeil. La troisième étude a examiné la physiologie du sommeil au cours de plusieurs nuits de récupération de durée variable succédant à une privation complète de sommeil.

Méta-analyse de la récupération de la vigilance subjective dans divers régimes de travail par quarts (Akerstedt, Kecklund, Gillberg, Lowden et Axelsson, 2000)

Une méta-analyse a comparé le processus de récupération associé à différents horaires de travail par quarts. Des horaires comportant des quarts de jour de 12 heures ou des semaines de travail de 84 heures ont été examinés dans divers secteurs d'activité (p. ex., industries chimiques, papetières, transport aérien/ferroviaire). La récupération était définie comme étant la vigilance évaluée subjectivement durant le jour. Divers moyens ont été pris pour évaluer la fatigue et la récupération, notamment l'échelle de somnolence de Karolinska, des actigraphes, ainsi qu'un agenda du sommeil de six semaines. Dans l'échelle de Karolinska, qui va de «un», très alerte, à «neuf», très somnolent, des valeurs de cinq à sept sont associées à des sorties de route dans des simulateurs de conduite (Horne et Reyner, 1995). Des enregistrements du sommeil étaient réalisés une fois par semaine. Selon les auteurs, une journée de récupération doit être précédée d'une nuit de repos propice au sommeil, comprenant la période de minuit à 8 h. Ainsi, le premier jour de récupération après un quart de nuit qui se termine le matin ne débute que le jour suivant.

Le moment de la journée s'est révélé avoir un effet puissant : une somnolence accrue a été observée pendant le jour, dans le cas d'une semaine de travail classique avec repos la fin de semaine. La récupération, telle que mesurée par les auto-diagnostics de somnolence, était complète le premier jour de repos chez les travailleurs de quarts qui avaient un horaire de jour classique (25 travailleurs de quarts de 25 à 64 ans). Il en allait de même pour les trois quarts de huit heures classiques (avec changements de quart à 6 h, 14 h et 22 h) et les quarts de jour et de nuit de 12 heures (débutant à 6 h et à 18 h).

La récupération semblait également complète après une journée de repos chez les 60 travailleurs des pâtes et papiers qui avaient un horaire extrêmement condensé de trois quarts de huit heures (c.-à-d. un quart de nuit de 21 h à 6 h), huit heures de repos, un quart de travail débutant l'après-midi (de 14 h à 21 h), huit heures de repos

et un quart de travail le matin (de 6 h à 14 h). Ces trois quarts de travail étaient suivis d'une période de repos de 56 heures, composée de deux nuits de sommeil d'une durée normale. La somnolence était élevée durant les quarts de nuit, moyennement élevée en après-midi et de nouveau élevée durant les quarts du matin. Il n'y avait pas de différence entre le premier et le septième quart en ce qui a trait à la somnolence, chez 83 travailleurs de la construction qui travaillaient 84 heures par semaine (c.-à-d. sept quarts de jour consécutifs d'une durée de 12 heures [de 7 h à 19 h] suivis d'une semaine de repos). Cependant, il fallait à ces travailleurs de trois à quatre jours de récupération pour atteindre des valeurs de somnolence normales.

Les niveaux de somnolence de sept travailleurs de plate-formes de forage qui travaillaient la nuit pendant deux semaines de 84 heures (c.-à-d. 14 nuits consécutives, de 19 h à 7 h, suivies d'un période de repos de trois semaines) étaient extrêmement élevés durant leurs premières nuits de travail, puis diminuaient progressivement jusqu'à être similaires à ceux des travailleurs de jour, dont la somnolence est moyenne. L'heure du coucher est passée graduellement de 8 h à 11 h et le réveil, de 17 h à 18 h, avec une durée de sommeil de près de 8 heures. Les jours de repos, ces travailleurs dormaient de minuit à 6 h ou 8 h. Ces horaires laissent croire à une adaptation progressive du rythme circadien. Le niveau de somnolence de ces travailleurs est demeuré élevé après quatre ou cinq jours de repos. On ignore combien de temps il fallait à ces travailleurs pour récupérer complètement.

On a observé de hauts niveaux de somnolence à l'aube, à partir de 4 h, chez 45 conducteurs de trains qui avaient des horaires de travail irréguliers (les quarts du matin et de nuit représentaient 42 p. 100 de tous les quarts de travail; deux jours de repos habituellement suivis de quatre à cinq jours de travail irrégulier). Les horaires irréguliers entraînent une variation de l'heure du début du travail et de la durée des quarts de travail. Cependant, les auteurs ne donnent pas les heures de quart réelles, car ceux-ci peuvent s'étaler sur toutes les heures du jour ou de la nuit. Les journées de conduite normales se caractérisaient par une somnolence moyenne vers 4 h, tandis que la conduite en après-midi et les jours de repos étaient caractérisés par une faible somnolence. La récupération chez ces conducteurs semblait immédiate et était complète dès le premier jour de repos. Cependant, le premier jour dit «de repos» était toujours précédé d'une nuit de sommeil normale.

Vingt-cinq membres du personnel de cabine d'avions long-courrier, qui portaient des actigraphes et tenaient un agenda du sommeil, ont manifesté des niveaux de somnolence élevés arrivés à destination. De même, le jour du retour, ils ont connu des niveaux de somnolence élevés vers la fin du vol, mais modérés durant le jour. Pendant leur premier jour de récupération, leurs niveaux de somnolence augmentaient légèrement. Ils ne récupéraient complètement qu'à leur troisième jour de récupération.

Bien que la plupart des horaires de travail irréguliers semblent se caractériser par une récupération immédiate dès le premier jour de repos, des différences individuelles ont été constatées. Ainsi, les auteurs ont distingué des groupes à récupération lente et à récupération rapide chez les travailleurs des pâtes et papier qui avaient des horaires tournants, atypiques, à rotation très rapide. Certains de ces travailleurs retrouvaient leur niveau normal de vigilance diurne dès leur premier jour de repos, mais d'autres mettaient de trois à quatre jours pour récupérer. Le groupe qui récupérait lentement s'endormait 0,8 heure plus tard que le groupe qui récupérait rapidement.

Étant donné le degré élevé de somnolence subjective enregistré la nuit et tôt le matin, peu importe le type de travail, les auteurs ont conclu que les périodes de repos entre les quarts à l'intérieur d'une semaine de travail étaient suffisantes. Cependant, selon eux, certaines personnes ont besoin de plus d'un jour de récupération, notamment les personnes qui n'ont pas un sommeil optimal ou dont l'horaire comporte de longues heures de travail ou va à l'encontre de leur rythme circadien.

La force de l'étude décrite ci-dessus réside dans la grande variété des régimes de quarts examinés. Sa principale faiblesse est que les auto-diagnostics de somnolence sont les seules mesures de la récupération. Aucune mesure objective de la performance n'a été faite. Or, il est bien connu qu'il n'existe pas nécessairement de corrélation entre des mesures objectives et subjectives, et que les conducteurs peuvent qualifier leur repos de bon ou d'adéquat, malgré une détérioration de leur performance. En outre, les environnements de travail examinés n'étaient peut-être pas aussi exigeants que celui des conducteurs de véhicules utilitaires en ce qui a trait à la vigilance.

Étude sur le sommeil, la performance et la récupération associés à divers régimes de travail par quarts (Totterdell, Spelten, Smith, Barton et Folkard, 1995)

Cette étude avait pour but d'examiner le sommeil, l'humeur, la performance cognitive et la récupération chez 61 infirmières de 22 à 51 ans (âge moyen = 33,6 ans) affectées à divers horaires. Des horaires de travail tournants et des horaires permanents de nuit ont été examinés, de même que des régimes de travail variables et non variables. Trente-deux infirmières à temps plein passaient rapidement de quarts du matin à des quarts d'après-midi, puis à des quarts de nuit. D'autres travaillaient à temps plein ou à temps partiel et étaient affectées en permanence à des quarts de nuit. (Les quarts de jour et de soir duraient environ huit heures et les quarts de nuit environ 11 heures, pour une moyenne de 32 à 43 heures/semaine [intervalle de 8,25 à 84,25 heures], les longues heures étant le lot des infirmières qui travaillaient en permanence la nuit.)

Les sujets remplissaient une série d'auto-diagnostics avant chaque période de sommeil principale ainsi qu'un agenda du sommeil, après la période de sommeil. Ils répondaient également à d'autres auto-diagnostics et à une petite batterie de tests de performance toutes les deux heures, à l'aide d'un ordinateur de poche.

Les résultats de certaines évaluations du sommeil, de l'humeur et de la satisfaction sociale semblent indiquer l'absence de récupération à la fin du premier jour de repos suivant un quart de travail. Ces évaluations tendaient à être plus négatives au premier jour de repos suivant les quarts de travail qu'au deuxième jour de repos. Un effort pour se réadapter à un horaire de jour durant le premier jour de repos suivant un quart de nuit peut avoir influencé les résultats, étant donné que, durant le premier jour de repos, les infirmières semblaient réduire leurs périodes de sommeil principales pour pouvoir mieux dormir la nuit suivante. C'est aussi une indication de l'influence du rythme circadien chez les infirmières qui devaient s'adapter à leur horaire de nuit. L'effet principal des quarts de travail consécutifs sur la performance était la diminution du temps de réaction et des pertes de vigilance au fil des quatre quarts de nuit. Après avoir diminué, le temps de réaction avait tendance à augmenter au cours des jours de repos suivant les quarts de nuit.

Les résultats de cette étude donnent à penser qu'un certain nombre de mesures, telles que la vigilance, la durée du sommeil, l'humeur et la satisfaction sociale, ont tendance à fléchir le premier jour de repos, et qu'il faut au moins deux jours de récupération aux infirmières. Comme le montrent les graphiques des résultats, après trois jours de repos, la vigilance est encore meilleure, ce qui donne à penser que le déficit de sommeil peut persister au-delà de deux jours de récupération – une conclusion similaire à celle de Balkin et coll (2000).

L'intérêt de cette étude réside dans le fait qu'elle a évalué la performance et la qualité et la durée du sommeil, et obtenu des auto-diagnostics de la vigilance et de l'humeur, pour une variété d'horaires différents. La principale limite à l'application des résultats de cette recherche à une étude sur les conducteurs de véhicules utilitaires est que le travail des infirmières est beaucoup plus actif que celui des conducteurs, souvent assimilé à une surveillance attentive.

Contre-mesures à la fatigue chez les agents de conduite (Akerstedt, 1998)

L'auteur recense les mesures pour contrer la fatigue chez les agents de conduite. Il a observé que le type d'horaire et la durée des quarts de travail successifs ont une incidence sur la récupération. Il traite cette question principalement sous l'angle du manque de sommeil. Ainsi, la récupération est fonction du cycle veille-sommeil et des siestes préalables. Les quarts de travail du matin qui débutent tôt peuvent aussi être associés à de la somnolence durant le jour. Chez les pilotes affectés à des vols long-courrier et chez d'autres travailleurs, les quarts qui débutent tôt le matin entraînent de la somnolence, des erreurs et une augmentation du risque d'accidents.

La plupart des horaires comprenaient 16 heures de repos entre deux quarts de travail, mais certains horaires à rotation rapide accordaient moins de temps de repos. Dans ce dernier cas, la durée du sommeil était clairement réduite et une corrélation a été établie entre la durée des périodes de repos et la durée du sommeil. Il a été déterminé qu'il faut au moins 16 heures de repos à l'agent de conduite pour qu'il dorme de sept à huit heures. Lorsqu'un quart de travail de jour ou de matin était suivi d'un quart de nuit, ce qui laissait moins de six heures de repos entre les deux quarts, le sommeil durait moins de trois heures. Un quart de travail de nuit suivi d'un quart de soir entraînait également un déficit de sommeil, moins de 5 à 6 heures étant alors consacrées au sommeil. Les activités sociales peuvent également perturber les horaires de sommeil.

L'équipe d'Akerstedt a observé que la plupart des travailleurs de quarts ont dit avoir besoin d'au moins deux jours, assortis de deux périodes de sommeil normales, pour récupérer après trois quarts de travail de nuit consécutifs. (On ne mentionne pas s'il s'agissait de quarts de travail de huit heures ou de douze heures). Cette étude a également montré qu'il faut un jour de repos de plus après sept quarts de travail consécutifs. Les données sur le décalage horaire révèlent qu'il faut parfois jusqu'à quatre jours pour se remettre d'un bouleversement radical d'un cycle veille-sommeil.

Selon Akerstedt, un autre aspect important de l'adaptation au travail de nuit est l'ordre de succession des quarts de nuit consécutifs. Par exemple, le premier quart de nuit était associé à la plus grande somnolence, mais après sept quarts, on observait une certaine adaptation. La somnolence durant la première nuit peut être due à la période de veille prolongée précédant la période de travail, étant donné que la plupart des travailleurs de quarts n'ont pas dormi depuis 13 heures lorsqu'ils entament leur premier

quart de nuit. En comparaison, ils n'ont été éveillés que de huit à neuf heures avant d'entamer le quart de nuit suivant. Il reste que malgré une certaine adaptation, le niveau de somnolence était plus élevé pendant les quarts de nuit que pendant les quarts de jour. Dans le cas des horaires tournants à rotation rapide comprenant deux ou trois quarts de nuit, il n'est pas sûr qu'une certaine adaptation ait eu lieu. D'un quart de nuit à l'autre, la somnolence apparaissait de plus en plus tard, mais l'adaptation semblait minime : et le cycle veille-sommeil ne semblait jamais se synchroniser complètement avec les quarts de nuit tournants.

Le sens de rotation des quarts de travail était également important, puisqu'une rotation vers l'avant semble plus appropriée, sur le plan physiologique, qu'une rotation vers l'arrière. Cependant, peu d'études ont testé cette hypothèse. De fait, une série de rapports publiés récemment par la Federal Aviation Administration (FAA) semblent indiquer que le sens de rotation des quarts de travail chez les contrôleurs aériens n'est pas un facteur important pour expliquer la fatigue et la détérioration de la performance, quoique le moment de la journée demeure un facteur de fatigue important (Boquet, Cruz, Nesthus, Detwiler, Knecht et Holcomb, 2002; Cruz, Detwiler, Nesthus et Boquet, 2002; Cruz, Boquet, Detwiler et Nesthus, 2002).

Les rapports de la FAA résument les résultats d'une étude conçue pour évaluer la performance et les paramètres physiologiques en fonction du sens de rotation des quarts. L'étude menée en laboratoire comparait des horaires de travail par quarts à rotation rapide vers l'avant ou vers l'arrière. Les sujets étaient affectés au hasard à un horaire de travail dont la rotation se faisait vers l'arrière ou vers l'avant. Le premier rapport (Cruz, Detwiler, Nesthus et Boquet, 2002) a examiné le sommeil. Les résultats ne permettent pas de confirmer sans équivoque l'hypothèse voulant qu'une rotation vers l'avant perturbe moins le sommeil. Le deuxième rapport (Cruz, Boquet, Detwiler et Nesthus, 2002) s'est penché sur les résultats de l'évaluation de la performance et de la vigilance à l'aide de la *Multiple Task Performance Battery* (MTPB) et du test de vigilance de Bakan, respectivement. Le groupe dont l'horaire «reculait» semblait avoir systématiquement de meilleurs résultats que le groupe dont l'horaire «avançait», quel que soit le quart, mais des analyses plus poussées ont révélé que l'écart se limitait au premier quart d'après-midi. Ces données n'infirment pas l'hypothèse selon laquelle une rotation vers l'avant entraînera de meilleurs résultats dans l'accomplissement d'une tâche complexe ou exigeant de la vigilance. En fait, la performance dans les deux groupes était généralement équivalente, sauf quelques exceptions où le groupe dont l'horaire «reculait» affichait alors la meilleure performance. Dans le troisième rapport (Boquet, Cruz, Nesthus, Detwiler, Knecht et Holcomb, 2002), on a examiné les niveaux de cortisol et de mélatonine, et la température corporelle chez des sujets affectés au hasard à des horaires de travail à rotation vers l'avant ou vers l'arrière. Malgré la difficulté d'interpréter certaines mesures physiologiques, les résultats étaient loin d'appuyer la croyance voulant que les rotations vers l'avant sont préférables aux rotations vers l'arrière. Les résultats présentés dans ces rapports de la FAA mettent sérieusement en doute l'importance du sens de rotation des horaires tournants pour ce qui est de la fatigue et de la détérioration de la performance. Cependant, ils confirment l'importance du rôle de la désynchronisation des rythmes circadiens dans la détérioration de la performance.

Influence du cycle veille-sommeil récent sur la performance neurocomportementale (Baynard, Nosker, Dinges et Van Dongen, 2000)

Cette étude avait pour but de déterminer l'influence du cycle veille-sommeil récent sur le niveau de détérioration de la performance neurocomportementale durant une privation de sommeil totale. Neuf sujets en bonne santé (âge moyen = 29,4 ± 5,5 ans; cinq hommes, quatre femmes) ont participé à trois séances de privation de sommeil totale en laboratoire. Les séances duraient 36 heures (de 10 h à 22 h le lendemain) et étaient séparées par des intervalles de deux semaines. On faisait varier le cycle veille-sommeil des sujets pendant la semaine précédant chacune des trois séances de privation de sommeil totale : ceux-ci passaient soit six heures (de 4 h à 10 h) soit 12 heures au lit (de 22 h à 10 h) par jour, pendant sept jours. Le tiers des sujets était dans le groupe six heures-douze heures-douze heures, un tiers dans le groupe douze heures-six heures-douze heures et le dernier tiers dans le groupe douze heures-douze heures-six heures.

Les sujets étaient soumis, toutes les deux heures, à une batterie de tests neurocomportementaux de vingt minutes, y compris un test psychomoteur de la vigilance. La détérioration de la performance neurocomportementale était évaluée durant les séances de 36 heures de privation de sommeil totale. La détérioration augmentait au fil des séances. On a noté une influence non linéaire relativement faible du cycle veille-sommeil (six heures ou douze heures au lit). Mais l'ordre de succession des cycles (différent d'un groupe à l'autre) a eu un effet majeur : la performance durant la privation de sommeil totale se détériorait davantage après des «nuits» de six heures qu'après des «nuits» de douze heures.

Cette étude montre que 1) une exposition antérieure à une privation de sommeil totale peut sensibiliser les sujets à une privation de sommeil totale subséquente; 2) l'effet du cycle veille-sommeil (six heures ou douze heures au lit, pendant sept jours) était relativement faible.

Cette étude met en évidence l'importance du cycle veille-sommeil préalable. Même si elle ne porte pas directement sur la récupération, elle donne à penser qu'une personne privée de sommeil de façon chronique a besoin de plus de temps pour récupérer.

Effets de la durée du sommeil de récupération sur la physiologie du sommeil, après une privation de sommeil (Price, Rogers, Fox, Szuba, Van Dongen et Dinges, 2000)

Le but de cette étude était d'examiner la physiologie du sommeil, après une privation de sommeil totale, au cours de plusieurs nuits de récupération de durée variable. L'étude a examiné la physiologie du sommeil durant les sept premières heures de trois nuits de récupération d'une durée de sept heures ou de 14 heures, après 88 heures de privation de sommeil totale. Vingt-six hommes (âge = 21 à 39 ans) ont passé dix jours au laboratoire de sommeil. Après trois nuits de huit heures au lit (dites «de référence»), les sujets sont demeurés éveillés pendant 88 heures, après quoi ils ont eu trois nuits dites «de récupération». Les sujets, répartis au hasard, recevaient toutes les heures soit de la caféine soit un placebo, de la 22^{e} à la 88^{e} heure de privation de sommeil. Les sujets étaient également répartis au hasard en deux groupes, l'un avait droit à deux nuits de récupération de sept heures suivies d'une nuit de récupération de 14 heures et l'autre, à trois nuits de récupération de 14 heures.

Un certain nombre de mesures ont été faites durant l'étude, notamment des enregistrements polysomnographiques du sommeil. La caféine n'a eu aucun effet statistiquement significatif sur aucune des variables du sommeil. En revanche, le jour où les mesures étaient prises et le type d'horaire de récupération avaient une incidence sur les variables du sommeil. Ainsi, les sujets s'endormaient plus rapidement et entraient plus rapidement dans le sommeil lent durant la première nuit de récupération que pendant les nuits de référence. La latence du sommeil s'allongeait progressivement de la première à la troisième nuit de récupération, à mesure que les sujets se remettaient lentement de leur déficit de sommeil. Le fait d'accorder 14 heures au lit pour récupérer, par rapport à sept heures, a entraîné une augmentation du sommeil lent durant la première nuit de récupération des sujets du groupe de 14 heures, puis une diminution, les nuits suivantes. Cette baisse indiquait un allègement du déficit de sommeil total, et elle a pu être observée dans les sept premières heures de sommeil des nuits suivantes. Les résultats de cette étude révèlent que plus la période accordée pour passer du temps au lit, et dormir, est longue, meilleure est la récupération à la suite d'une privation aiguë de sommeil.

Effets neurocomportementaux relatifs à des périodes variables de privation de sommeil chronique (Rogers, Van Dongen, Power IV, Carlin, Szuba, Maislin et Dinges, 2000)

Cette étude s'est penchée sur les effets neurocomportementaux de trois degrés (4, 6 et 8 heures au lit) de privation de sommeil chronique (10 jours). Les périodes de sommeil étaient désynchronisées par rapport au rythme circadien (les sujets devaient dormir le jour). Après une nuit de référence (de 23 h 30 à 7 h 30), 44 sujets en bonne santé (âge = 21 à 44 ans; 29 hommes, 15 femmes) sont demeurés éveillés pendant 28 heures, après quoi ils ont bénéficié d'une période de repos diurne de 8 heures (de 11 h 30 à 19 h 30). On a attribué aux sujets, répartis au hasard, des périodes de sommeil diurne de durée variable (quatre heures : de 15 h 30 à 19 h 30; six heures : de 13 h 30 à 19 h 30; huit heures : de 11 h 30 à 19 h 30) pendant 10 jours consécutifs, auxquels ont succédé deux jours de récupération comprenant une période de sommeil nocturne (de 23 h 30 à 9 h 30).

Toutes les deux heures, pendant qu'ils étaient réveillés, les sujets devaient se soumettre à une batterie de tests neurocomportementaux d'une durée de 35 minutes. Ceux-ci comprenaient un test psychomoteur de la vigilance, une tâche de substitution de codes et des auto-diagnostics de la somnolence (échelle de somnolence de Karolinska) et de l'humeur. En outre, des enregistrements polysomnographiques des périodes veille-sommeil étaient réalisés et la mélatonine salivaire et la température corporelle étaient mesurées.

Les analyses préliminaires laissent croire que la baisse de la performance au fil des jours, telle que mesurée par le test psychomoteur de la vigilance, était le plus marquée lorsque les sujets n'avaient droit qu'à quatre heures de sommeil par jour. Les niveaux de détérioration de la performance neurocomportementale étaient comparables chez les sujets qui avaient six heures et huit heures pour dormir. Le groupe associé à la période de sommeil diurne de huit heures a affiché une baisse de performance plus importante que celle observée lors d'une étude précédente chez des sujets qui bénéficiaient de périodes de sommeil nocturne de huit heures, pendant 14 jours. Cette dernière observation montre qu'il est important de prendre en considération non seulement la durée totale de la période de repos, mais également le moment de cette

période de repos. Ainsi, une période de repos de huit heures n'est pas suffisante si elle tombe à un moment de la journée non propice au sommeil. Cette étude souligne la nécessité de tenir compte de l'effet du moment de la journée et du manque de sommeil (p. ex., le cycle veille-sommeil précédent) dans tous les protocoles expérimentaux visant à étudier les conditions requises pour que les conducteurs puissent récupérer suffisamment pour se remettre d'une fatigue accumulée au cours de divers horaires de quarts.

4 LES DIFFÉRENCES INDIVIDUELLES

Neuf études traitant des différences individuelles ont été recensées. Sauf une, qui passe en revue les horaires par quarts et fait des recommandations en matière de récupération, aucune n'aborde directement la récupération. Toutefois, une étude menée chez les camionneurs examine l'effet des différences individuelles sur les incidents de conduite. Deux études examinent les différences individuelles et l'adaptation au travail par quarts chez les infirmières de jour par rapport aux infirmières de nuit; une troisième fait de même pour les travailleurs de nuit. Deux rapports recensent la documentation sur les différences individuelles et l'adaptation au travail par quarts. Une étude se penche sur les effets de divers horaires et fait des recommandations sur la conception des horaires et les périodes de récupération nécessaires. Enfin, deux études examinent la récupération à la suite d'une privation de sommeil de 24 heures.

Effet des différences individuelles sur les incidents de conduite (Hanowski, Wierwille, Gellatly, Early et Dingus, 2000)

Cette étude, qui examine l'effet des différences individuelles sur les incidents de conduite, avait pour but d'étudier la fatigue ressentie par les camionneurs courte distance. Quarante-deux camionneurs masculins (âge moyen = 31 ans) ont participé à l'étude. Ils ont conduit de jour, pendant deux semaines, du lundi au vendredi, effectuant des trajets de distribution normaux, dans un rayon de 100 milles de leur lieu de départ. Leur travail se répartissait de la manière suivante : conduite (28 p. 100), chargement-déchargement (35 p. 100), autres tâches (26 p. 100), attente d'un déchargement (7 p. 100), repas (2 p. 100), repos (0,5 p. 100) et activités diverses (1,5 p. 100).

Un certain nombre de mesures ont permis d'évaluer la fatigue, la distraction et la somnolence des conducteurs, y compris l'analyse d'une vidéo de l'intervalle de trois minutes précédant le début d'un incident critique, c'est-à-dire une quasi-collision. Un incident critique consiste en un événement inattendu menant à une quasi-collision ou obligeant le conducteur à réagir pour éviter une collision. Trois méthodes ont servi à déceler les incidents : dépassement de valeurs déterminées lors de la manœuvre du véhicule; incident signalé par le conducteur au moyen d'un bouton-poussoir; jugement de l'analyste. Les analystes ont enregistré les mouvements des yeux des conducteurs et la proportion du temps pendant lequel leurs yeux étaient fermés ou presque fermés, ou quittaient la route, au cours de ces intervalles de trois minutes.

Les conducteurs dormaient en moyenne 6,43 heures par nuit (selon leur agenda du sommeil) et 5,31 heures selon leur actigraphe (mis au point par Mini Mitter Co., Inc.). Les conducteurs qui montraient des signes de fatigue et qui étaient impliqués dans des incidents reliés à la fatigue dormaient moins et moins bien que les conducteurs qui ne montraient aucun signe de fatigue. La fatigue était en cause dans 21 p. 100 des incidents, d'après les signes de somnolence jugés tels par les analystes et l'augmentation de la proportion du temps pendant lequel les yeux des conducteurs étaient fermés ou presque fermés.

Durant les deux semaines de l'étude, il s'est produit 77 incidents (une moyenne de 1,8 par conducteur) dans lesquels le conducteur a été jugé en faute. En ce qui concerne les différences individuelles, 10 des 42 conducteurs étaient impliqués dans

86 p. 100 des incidents. Les conducteurs jeunes et peu expérimentés étaient significativement plus susceptibles d'être impliqués dans des incidents critiques. Et ils étaient davantage somnolents au travail.

L'intérêt de cette étude réside dans le fait qu'elle se concentre sur les différences individuelles et qu'elle présente une grande validité apparente en raison de son lien avec les questions de sécurité routière. Sa principale faiblesse, du point de vue de notre étude, est qu'elle ne traite pas directement de la récupération.

Adaptation du rythme circadien au travail par quarts (Boivin et James, 2002)

Les auteurs ont recruté 15 infirmières travaillant régulièrement la nuit pour participer à une étude comprenant des évaluations en laboratoire de la phase circadienne avant et après un traitement de photothérapie en milieu de travail. Le traitement (n = 10, âge moyen ± ET : 41,7 ans ± 8,8 ans) comprenait une exposition à une lumière vive intermittente (environ 2 000 lux) pendant six heures sur les lieux de travail et le blocage de la lumière vive du matin par le port de lunettes protectrices teintées pendant le retour à la maison. Le traitement de photothérapie durant les quarts de nuit faisait appel à des lampes portatives installées aux postes de travail. Les assistants de recherche observaient les infirmières au travail toutes les nuits et consignaient les niveaux de lumière tout en suivant leurs déplacements. Les actigraphes portés au poignet, munis de photomètres, enregistraient également les niveaux d'exposition à la lumière tout au cours de la nuit. Les infirmières du groupe témoin (n = 9, âge moyen 42,0 ans ± 7,2 ans) étaient observées dans leur milieu de travail habituel. Les infirmières des deux groupes avaient des horaires de veille et de sommeil réguliers, qui comportaient un seul épisode d'obscurité de huit heures, pendant lequel elles pouvaient dormir, et qui commençait deux heures après la fin du quart de nuit.

Dans le groupe expérimental, les rythmes circadiens de la température corporelle et les courbes de la mélatonine salivaire étaient retardés de 9,32 (± 1,06) heures et de 11,31 (± 1,13) heures, respectivement. Ces retards étaient significativement plus grands que les retards de phase de 4,09 heures ± 1,94 et de 5,08 ± 2,32 heures constatés dans le groupe témoin. Les résultats de cette étude soulignent l'importance de prendre en considération l'exposition globale à la lumière au cours d'une journée de 24 heures. La lumière peut contribuer grandement à l'adaptation du rythme circadien aux horaires de travail par quarts et, par conséquent, à la qualité du sommeil de récupération.

Adaptation circadienne au travail par quarts (Quera-Salva, Guilleminault, Claustrat, Defrance, Gajdos, Crowe McCann et De Lattre, 1997)

Les auteurs ont comparé les niveaux de performance de 40 infirmières en bonne santé, âgées de 20 à 55 ans, dont la moitié travaillait de façon permanente la nuit et l'autre moitié, le jour. Personne, dans les deux groupes, ne prenait de médicament qui pouvait influer sur la production de mélatonine, et n'avait obtenu une cote élevée à une échelle d'anxiété et de dépression. Les années d'expérience en soins infirmiers étaient comparables : les infirmières avaient le même horaire depuis deux à douze ans, avec une moyenne de six à sept ans pour les deux groupes. Toutes les infirmières travaillaient dans le même service, étaient appariées selon l'âge et le sexe, et avaient des responsabilités familiales et sociales similaires. Les infirmières du quart de jour travaillaient 8 heures par jour, soit de 7 h à 15 h, pendant cinq jours, puis étaient en congé pendant deux jours. Les infirmières du quart de nuit travaillaient 10 heures, soit

de 21 h à 7 h, selon des horaires tournants 3-2. Durant les 15 jours précédant l'étude, les infirmières avaient l'horaire suivant : trois jours de travail – deux jours de repos – deux jours de travail – trois jours de repos – deux jours de travail – trois jours de repos. Toutes les infirmières de nuit adoptaient un horaire de jour pendant leurs jours de repos.

Les sujets devaient tenir un journal de leurs cycles veille-sommeil pendant les 15 jours précédant l'étude. Leur performance était évaluée au moyen d'un test de mémoire et d'un essai de réaction présentant quatre choix. Les tests avaient lieu huit fois par jour, pendant les huit jours précédant l'expérience et pendant toute la durée de l'expérience. Celle-ci a duré sept jours pour les infirmières de jour (cinq jours de travail – deux jours de repos) et cinq jours pour les infirmières de nuit (trois jours de travail – deux jours de repos). Chaque sujet portait, au poignet non dominant, un actigraphe-photomètre qui surveillait l'exposition à la lumière. Les tests de performance étaient administrés et des échantillons d'urine étaient recueillis pendant la période de veille du dernier jour de travail et du premier jour de repos. À cela s'ajoutaient deux nuits de collecte de données : pendant que les sujets dormaient dans le laboratoire et que l'intensité de la lumière était maintenue à moins de 30 lux, des échantillons d'urine étaient recueillis toutes les deux heures. Les sujets ont rempli deux questionnaires : «Chronotypes» et le *European Standard Shiftwork Index*.

Les agendas du sommeil n'ont révélé aucune différence dans les heures de sommeil totales des infirmières de jour et des infirmières de nuit. Cependant, les infirmières de nuit avaient tendance à dormir beaucoup plus que les infirmières de jour pendant leurs jours de repos. Toutes les infirmières de nuit revenaient à un horaire d'activités diurne durant leurs jours de repos. Mais celles-ci se partageaient en deux sous-groupes, comme suit : la majorité, 14 sur 20, ne se *s'adaptaient pas* au travail de nuit; leurs rythmes circadiens demeuraient les mêmes pendant leurs nuits de travail et leur 6-sulfatoxy mélatonine était à son maximum à 6 h 36, en moyenne. Les six infirmières de l'autre groupe *s'adaptaient* au travail de nuit, affichant un décalage rapide de leur niveau de 6-sulfatoxy mélatonine, qui était à son maximum vers midi. Les siestes n'étaient pas interdites et neuf infirmières de nuit sur 20 en faisaient, d'une durée moyenne de 114 ± 45 minutes, durant leurs quarts. Seules les infirmières qui ne *s'adaptaient pas* au travail de nuit se sont endormies durant leurs heures de travail. On n'a noté aucune différence de durée quotidienne de sommeil total entre les infirmières de jour et celles qui *s'adaptaient* au travail de nuit. On a observé une baisse significative de la durée du sommeil total chez les infirmières qui ne *s'adaptaient pas* au travail de nuit, par rapport à celles des deux autres groupes.

Toutes les infirmières ont eu de bons résultats aux tests, les jours de repos. Les jours de travail, les résultats des infirmières de jour et des infirmières qui s'adaptaient rapidement aux horaires de nuit étaient semblables, tandis que ceux des infirmières qui avaient du mal à s'adapter étaient moins bons. Cela montre qu'une minorité d'infirmières avait la capacité physiologique de s'adapter à un changement rapide d'horaire veille-sommeil de plus de huit heures et d'avoir une performance satisfaisante.

La durée du sommeil du sous-groupe des infirmières de nuit qui réussissaient à adapter leurs rythmes circadiens (six sur vingt) se comparait, durant les jours de travail, à celle du groupe témoin qui travaillait le jour. Mais le temps de sommeil total, durant les jours de travail, était significativement moindre chez les infirmières de nuit

que chez les infirmières de jour. C'est que la majorité des infirmières de nuit (14 sur 20) ne réussissaient pas à adapter leurs rythmes circadiens et qu'elles dormaient beaucoup moins.

Cette étude portait sur l'importance de l'adaptation circadienne en tant que facteur explicatif des différences individuelles dans l'adaptation à un horaire de travail atypique. Nous pouvons supposer que le besoin de récupérer dépend d'une façon ou d'une autre du déficit de sommeil accumulé durant un cycle de travail. En clair, les personnes dont le système circadien ne s'adaptait pas dormaient plutôt mal et ont donc besoin de plus de temps pour récupérer.

Adaptation circadienne et horaire de travail par quarts (Hennig, Moritz, Huwe et Netter, 1998)

Cette étude visait à déterminer le degré et la rapidité d'adaptation des rythmes circadiens au travail de nuit, ainsi que le lien éventuel entre les rythmes circadiens et la tolérance au travail par quarts. Les différences individuelles étaient envisagées ici sous l'angle du taux d'adaptation aux quarts de nuit.

Vingt-quatre infirmières et infirmiers (18 femmes et six hommes) de 23 à 36 ans effectuant des cycles de sept nuits dans un service de cardiologie d'urgence ont participé à l'étude. Ils ont été observés après une séquence de deux quarts de jour commençant tôt, puis après une série de sept quarts de nuit. Des échantillons de salive ont été recueillis de quatre à cinq fois par jour, pour la détermination des niveaux de cortisol : on a ainsi obtenu 28 mesures par sujet.

Des différences individuelles importantes ont été observées. Six des 24 sujets ont maintenu leurs rythmes circadiens. Au début de l'étude, les sujets avaient un rythme circadien normal : leurs niveaux de cortisol étaient au maximum tôt le matin et diminuaient de façon marquée le soir, affichant une faible variabilité. Cette fluctuation du niveau de cortisol selon l'heure du jour n'a été observée que durant les cinq premières nuits de travail. Après la quatrième nuit, le rythme avait clairement changé et il semblait s'être inversé après la cinquième nuit. Les chercheurs ont identifié 18 sujets «adaptants» (15 femmes et trois hommes) et six sujets «non adaptants» (trois hommes et trois femmes), d'après l'adaptation de leur niveau de cortisol. Un sujet était défini comme «adaptant» si sa concentration de cortisol à 21 h était supérieure à celle de 6 h et qu'elle demeurait supérieure jusqu'à la fin de son quart de nuit.

La littérature fait état de différences individuelles importantes dans les facteurs prédisant l'adaptation à un horaire de quarts. Ainsi, il semble exister divers corrélats biologiques de l'adaptation du rythme circadien, mais la valeur prédictive de ces marqueurs biologiques avant le début d'un cycle de travail est difficile à établir. Une question demeure, à savoir dans quelle mesure les «adaptants» avaient une exposition différente à la lumière.

Adaptation circadienne au travail par quarts (Weibel, Spiegel, Gronfier, Follenius et Brandenberger, 1997)

Cette étude avait pour but de mesurer le taux d'adaptation du rythme de la mélatonine chez 11 travailleurs de nuit en bonne santé, affectés depuis au moins deux ans à un horaire de quatre à six quarts de nuit consécutifs par semaine. Ces travailleurs étaient

évalués immédiatement après leur dernier quart de nuit. Leurs résultats ont été comparés à ceux d'un groupe de huit travailleurs de jour en bonne santé, que l'on a observés durant deux cycles de 24 heures. Les travailleurs de jour avaient le droit de dormir de 7 h à 15 h. Des échantillons de mélatonine plasmatique étaient recueillis toutes les dix minutes et la température rectale était prise toutes les minutes. La performance et l'exposition à la lumière et à l'obscurité n'ont pas été documentées.

Le rythme de la mélatonine chez les travailleurs de jour n'a pas vraiment changé après une inversion brusque de leur horaire de sommeil. Chez les travailleurs de nuit, le moment de l'apparition de la mélatonine fluctuait beaucoup, soit de 21 h 45 à 5 h 05. On a observé un changement graduel du rythme de la mélatonine chez sept des onze travailleurs de nuit, mais une adaptation incomplète. Bien que l'étude n'ait pas porté directement sur cette question, les marqueurs hormonaux peuvent nous donner une certaine indication du taux d'adaptation d'un travailleur. Cette étude aborde les fondements biologiques de la variabilité observée dans l'adaptation au travail de nuit. Cette variabilité peut s'expliquer en partie par le taux d'adaptation circadienne au travail par quarts.

Effets des différences individuelles sur la tolérance au travail par quarts (Härmä, 1992)

Dans cette étude, Härmä examine les différences individuelles dans la tolérance au travail par quarts. Les travailleurs par quarts peuvent recourir à diverses stratégies pour planifier leurs activités journalières, particulièrement leur sommeil, afin de s'adapter au travail par quarts.

Certaines variables examinées dans cette étude portent sur les différences individuelles, telles que les rythmes circadiens (c.-à-d. adaptation et amplitude), qui peuvent jouer un rôle dans l'adaptation au travail par quarts. Il se peut que le degré d'adaptation circadienne influe sur la tolérance au travail par quarts. Ce lien s'observe particulièrement dans le cas des horaires tournants à rotation rapide, ou lorsque l'exposition à la lumière et à l'obscurité n'est pas appropriée. Certains auteurs ont évoqué la possibilité que l'amplitude des rythmes circadiens puisse influer sur le degré d'adaptation aux horaires atypiques. Cependant, à notre avis, il n'existe pas de données convaincantes à l'heure actuelle pour appuyer cette hypothèse. Dans la plupart des études antérieures, l'amplitude circadienne a été calculée à partir de données obtenues auprès de sujets ambulatoires, et son évaluation a été faussée par les rythmes repos-activités perturbés associés à des quarts de travail irréguliers.

Le fait qu'une personne décide elle-même de travailler la nuit peut avoir une incidence sur l'attitude de celle-ci à l'égard de son adaptation au travail par quarts. Certains aspects de la personnalité, tels que le chronotype et l'introversion-extraversion, ont également été associés au degré d'adaptation. Par exemple, certains ont déjà prétendu que les extravertis semblent s'adapter plus rapidement. Cependant, on peut mettre en doute cette affirmation; en effet, il se pourrait qu'une mésadaptation au travail par quarts rende la personne introvertie, plutôt que l'inverse. Le type du matin (c.-à-d. le chronotype) semble associé à une plus grande difficulté à s'adapter au travail de nuit et à des habitudes de sommeil plus rigides que le type de soir. En outre, les travailleurs dont l'état de santé n'est pas optimal risquent de souffrir davantage du travail par quarts et devraient probablement en être exclus.

La force de cette étude est qu'elle porte sur les différences individuelles. Ses faiblesses sont que, à notre connaissance, certaines de ces conclusions (p. ex., celles qui ont trait à l'amplitude circadienne) restent à être validées et qu'elle n'a pas examiné précisément la récupération, qui est l'objet de notre étude.

Déterminants individuels et sociaux de la tolerance au travail par quarts (Nachreiner, 1998)

L'auteur passe en revue les déterminants de la tolérance au travail par quarts dans la documentation publiée de 1993 à 1998. La recherche documentaire porte sur les différences individuelles telles que le sexe, l'âge, le profil psychologique, les chronotypes et la variation circadienne. Cependant, elle ne donne pas de définition claire de la tolérance au travail par quarts. L'auteur conclut qu'aucun des paramètres évalués ne possède la puissance prédictive nécessaire pour évaluer l'aptitude d'une personne à s'adapter au travail par quarts. L'étude présente néanmoins quelques observations intéressantes; ainsi, le fait de prolonger son sommeil avant un quart de matin favorise une meilleure attitude face au travail. Elle montre également que jusqu'à 50 ans, les femmes présentent plus de symptômes d'intolérance que les hommes. Cependant, les obligations familiales peuvent fausser ces résultats, dans la mesure où la conciliation travail-famille est un problème qui touche davantage les femmes. En outre, les femmes éprouvent plus tôt que les hommes des problèmes de santé liés au travail par quarts. La présence à ses côtés d'une conjointe compréhensive constitue un facteur positif de tolérance au travail par quarts. La corrélation entre les chronotypes et la tolérance au travail par quarts ne semble pas constante. Mais, selon l'auteur, le type du soir s'adapterait mieux au travail de nuit que le type du matin, et il convient de privilégier des horaires tournants à rotation lente.

Conception d'horaires de travail par quarts (Knauth, 1997)

L'auteur a recensé différents horaires de travail afin de faire des recommandations relatives à la conception de régimes de travail posté. Il a tiré un certain nombre de conclusions qui sont résumées ici. Il faut aux travailleurs de quarts trois jours de repos pour récupérer après sept quarts de nuit consécutifs. Après trois quarts de nuit consécutifs, la durée de la récupération baisse à deux nuits. En général, l'adaptation des rythmes circadiens aux quarts de nuit prend une semaine. Les rythmes circadiens sont moins perturbés après seulement un ou deux quarts de nuit.

La transition d'un horaire de nuit à un horaire de jour est généralement associée à une période de récupération plus courte que la transition inverse. Les travailleurs de quarts préfèrent des horaires à rotation rapide parce qu'ils peuvent ainsi maintenir un bon niveau d'interaction sociale. Cependant, les effets à long terme sur la santé des horaires tournants ou du travail de nuit permanent demeurent inconnus. Les problèmes de santé tendent à apparaître après 7,4 ans, en moyenne, chez les travailleurs de nuit, après plus de sept ans chez les autres travailleurs de quarts, et après plus de 12 ans chez les travailleurs de jour.

Plusieurs quarts de matin consécutifs peuvent entraîner un déficit cumulatif de sommeil. Plus le quart de travail débute tôt, plus la dette de sommeil se creuse. De courtes séquences de quarts de matin et de quarts de soir sont associées à une légère dette de sommeil et à une diminution des plaintes liées au manque de sommeil. Dans les rotations d'horaire vers l'avant, il est recommandé de prévoir au moins deux jours de repos après le dernier quart de nuit, sans quoi il ne resterait au travailleur que

24 heures pour se reposer entre la fin de son quart de nuit et le début de son quart du matin suivant.

Des périodes de récupération à intervalles réguliers sont fortement recommandées, même si les travailleurs n'aiment pas que l'on scinde leurs périodes de repos en réduisant le nombre de quarts consécutifs. Toutes ces recommandations doivent tenir compte du niveau de stress qui existe dans le milieu de travail. Les experts recommandent pas plus de cinq à sept jours de travail consécutifs. Un quart de travail qui exige un effort physique intense ne devrait pas durer plus de huit heures. Cependant, au moment où cette étude a été menée (1997), il n'existait aucune étude comparative de la performance physiologique associée à des quarts de huit, neuf, dix ou douze heures.

D'autres facteurs doivent être pris en compte. Par exemple, les tâches domestiques, chez les travailleuses en particulier, peuvent empêcher une récupération complète à la suite d'heures de travail prolongées. Il est recommandé de prévoir une période de repos de plus de 11 heures entre la fin d'un quart de travail et le début du quart suivant. Des périodes de repos plus courtes réduisent de façon substantielle la durée du sommeil à trois à cinq heures par nuit. Afin de prolonger le temps de repos, on devrait ajouter à cette période minimale de repos le temps consacré au transport et aux besoins personnels.

Pour ce qui est du régime trois-huit, il n'existe pas de recommandation claire quant à l'heure à laquelle les quarts du matin devraient débuter et se terminer. Il convient de prendre en considération les aspects opérationnels, tels que le transport en commun, les exigences des clients, etc. Les quarts qui débutent tôt le matin réduisent la durée du sommeil. Mais un quart de soir qui se termine tard pose également un problème. Un quart de nuit qui se termine tôt pourrait favoriser le sommeil durant le creux circadien. Certains auteurs recommandent que les quarts de nuit se terminent au plus tard à 5 h.

Il est fortement recommandé de faire coïncider les périodes de repos avec les fins de semaine de façon à accroître les occasions d'activités sociales pour le travailleur. Ces périodes devraient comprendre au moins deux jours consécutifs. Il est également recommandé d'accorder une certaine souplesse dans les heures de travail, lorsque cela est possible. Cependant, on doit prendre soin de réduire au minimum l'imprévisibilité de l'horaire de travail et les écarts par rapport au régime de quarts établi.

Voici les principales recommandations touchant la récupération :

- Prévoir au moins deux jours de repos après le dernier quart de nuit.
- Éviter une série de quarts de nuit.
- Éviter d'intercaler des jours de travail uniques entre des jours de repos, car ils «coupent» le temps de loisir.
- Planifier au plus cinq à sept quarts successifs.
- Ne tolérer les quarts prolongés que si le type de travail ou la charge de travail le permet, si les pauses sont suffisantes et si le régime de travail prévient l'accumulation de fatigue.

Récupération après une privation de sommeil de 25 heures (Gaudreau, Morettini, Lavoie et Carrier, 2001)

Cette étude examine la récupération chez 33 sujets (de 20 à 60 ans) après une privation de sommeil de 25 heures. Les sujets étaient des personnes en santé qui n'avaient pas travaillé la nuit ni effectué de vol transméridien dans les trois mois précédant l'étude. Seize sujets jeunes (huit femmes, huit hommes) et 17 sujets d'âge moyen (huit femmes, neuf hommes) ont participé à l'étude.

Un certain nombre de mesures de la fatigue ont été prises. Le sommeil a été enregistré pendant les trois nuits précédant une épreuve de «routine constante» de 25 heures (procédure visant à mettre en évidence la phase circadienne endogène des sujets) et pendant une nuit après la routine. L'enregistrement du sommeil suivant la routine a été fait tôt le matin. Une analyse spectrale de l'électroencéphalogramme (EEG) a servi à mettre en évidence le sommeil lent, qui témoigne de la fonction récupératrice du sommeil. En plus d'évaluer la vigilance et la performance des sujets, les chercheurs ont prélevé des échantillons de salive afin de mesurer leur teneur de mélatonine, un marqueur circadien fiable, et ils ont pris leur température rectale.

En ce qui concerne les différences individuelles, plus les sujets étaient âgés, plus ils avaient de la difficulté à prolonger leur sommeil lorsqu'ils devaient récupérer pendant une phase circadienne anormale. Comme il fallait s'y attendre, le sommeil lent augmentait, tant chez les sujets jeunes que chez les sujets d'âge moyen, après une privation de sommeil. Cependant, le rebond du sommeil lent était significativement moins prononcé chez les sujets d'âge moyen.

La principale force de cette étude est qu'elle fournit de l'information sur le sommeil de récupération programmé tôt le matin après une nuit de privation de sommeil. C'est un scénario que connaissent les conducteurs qui conduisent la nuit et doivent dormir le jour.

Récupération après une exposition répétée à une privation totale de sommeil (Van Dongen, Baynard, Nosker et Gingues, 2002)

Cette étude avait pour but de quantifier la vulnérabilité à la détérioration de la performance découlant de la perte de sommeil. Dix sujets en bonne santé (de 23 à 28 ans; six hommes et quatre femmes) ont participé à deux séances de privation totale de sommeil de 36 heures menées en laboratoire, espacées d'une période de deux à quatre semaines. Pendant les sept jours précédant chaque séance de privation de sommeil, les sujets devaient dormir 12 heures par jour. Ils passaient la dernière de ces périodes de sommeil en laboratoire. Chacune des deux séances de privation totale de sommeil était suivie d'une période de 12 heures pendant laquelle les sujets avaient la possibilité de dormir. Les mesures ont été prises après cette période de récupération. La fatigue a été évaluée au moyen d'un test psychomoteur de la vigilance de 20 minutes répété toutes les deux heures. Jusqu'à 70 p. 100 de la variance des résultats insuffisants au PVT était attribuable aux différences interindividuelles dans la vulnérabilité à la privation de sommeil. Cette étude donne à penser que la privation totale de sommeil a mis progressivement en évidence les différences individuelles dans la vulnérabilité à la perte de sommeil, ou qu'il existait une modulation circadienne de ces différences interindividuelles.

5 LE SOMMEIL

Un des aspects importants de la récupération est le retour à des cycles de sommeil «normaux». Une étude récente (Balkin, Thome, Sing, Thomas, Redmond, Wesensten, Williams, Hall et Belenky, 2000), qui a utilisé des actigraphes pour évaluer le sommeil chez des conducteurs de véhicules utilitaires, a donné des résultats intéressants.

Évaluation du sommeil chez des conducteurs de véhicules utilitaires, durant 20 jours (Balkin, Thome, Sing, Thomas, Redmond, Wesensten, Williams, Hall et Belenky, 2000)

L'étude de Balkin et coll. (2000) a consisté en une évaluation actigraphique du sommeil chez 50 conducteurs courte et longue distance, de 21 à 65 ans, durant 20 jours consécutifs. Les conducteurs portaient en permanence un actigraphe *Walter Reed* au poignet, sauf lorsqu'ils prenaient leur bain ou leur douche. De plus, ils consignaient chaque jour sur leur fiche journalière de l'information subjective sur leur sommeil : heures de sommeil, latence du sommeil, réveils nocturnes, vigilance au réveil, siestes (nombre et durée), consommation de caféine, d'alcool et de médicaments. Les données des actigraphes étaient téléchargées vers un ordinateur personnel et chaque période d'enregistrement de 24 heures était analysée dans son intégralité, indépendamment du type et de la durée de l'activité indiquée sur la fiche journalière.

Tous les conducteurs courte et longue distance dormaient environ 7,5 heures par nuit, en moyenne, ce qui est normal pour des adultes. Cependant, contrairement aux conducteurs courte distance qui n'obtenaient que 3 p. 100 de leur sommeil durant leurs périodes de service, les conducteurs longue distance obtenaient pas moins de 44 p. 100 de leur sommeil pendant ces périodes. Les conducteurs courte distance étaient davantage portés à concentrer leur sommeil quotidien dans une seule période. Comme les conducteurs longue distance obtenaient presque la moitié de leur sommeil quotidien durant leurs heures de service (principalement dans la couchette), il semble qu'ils aient passé une partie importante de leur quart de travail dans un état de privation partielle de sommeil, jusqu'à ce que se présente l'occasion de dormir durant leurs heures de travail.

Peu importe la durée de la période de repos, aucune ne garantissait un sommeil suffisant, tant pour les conducteurs courte distance que pour les conducteurs longue distance. Comme, vraisemblablement, les conducteurs consacrent une partie importante de leur temps de repos à leurs affaires personnelles, celui-ci doit être suffisamment long pour leur permettre d'accomplir ces tâches et d'obtenir un sommeil suffisant. Cela est particulièrement important pour les conducteurs longue distance, dont plusieurs ne dormaient pas du tout durant leurs périodes de repos.

La plupart des premiers (principaux) épisodes de sommeil quotidiens des conducteurs courte distance commençaient entre 20 h et 2 h. Les épisodes de sommeil qui débutaient pendant cet intervalle duraient plus longtemps (de six à dix heures) que ceux qui débutaient à d'autres moments dans la journée. Plusieurs des épisodes entamés dans cette plage horaire duraient plus de 12 heures.

De même, la majorité des premiers épisodes de sommeil des conducteurs longue distance commençaient dans la période de 22 h à 3 h 59, mais plus souvent de minuit

à 3 h 59. Ces premiers épisodes de sommeil duraient de six à dix heures. Peu duraient plus de 10 heures et aucun ne dépassait 12 heures. Certains épisodes de sommeil commençaient au début et à la fin de l'après-midi (de 12 h à 19 h 59) et près de la moitié des premiers épisodes de sommeil commencés durant cette plage horaire duraient plus de quatre heures, les conducteurs longue distance se démarquant en cela des conducteurs courte distance.

On a observé des variations quotidiennes considérables du temps de sommeil total des conducteurs, dans les deux groupes. La variation des heures de sommeil chez certains des conducteurs courte et longue distance a atteint 11,2 heures au cours des 20 jours de l'étude. D'autres conducteurs avaient des horaires veille-sommeil plus réguliers. Certains affichaient un profil qui laissait croire à un manque de sommeil chronique, assorti d'épisodes intermittents et prolongés de sommeil de récupération. Cela semble indiquer, selon les auteurs, que même s'il est possible de concevoir des horaires travail-repos susceptibles de minimiser la dette de sommeil des conducteurs de véhicules utilitaires, il faudra recourir à d'autres approches novatrices pour optimiser la performance et la vigilance des conducteurs.

La force de cette étude est que toutes les périodes de sommeil, pas seulement celles des périodes de repos, ont été enregistrées, chez un grand groupe de conducteurs de véhicules utilitaires, et ce, sur une longue période. Sa principale limite, en ce qui concerne notre étude, est qu'on ne s'est pas penché de façon particulière sur la question de la récupération.

6 LES SIESTES

Des siestes prises à des moments stratégiques peuvent aider à maintenir la performance durant une période de travail prolongée. C'est un couteau à deux tranchants, cependant, car les personnes font des siestes parce qu'elles sont fatiguées, mais elles réduisent ainsi la durée de leur prochaine période de sommeil. Par exemple, si un conducteur de véhicule utilitaire ou un travailleur de quarts fait une sieste de 30 à 60 minutes au milieu d'un quart de nuit, et que sa prochaine occasion de dormir tombera le jour, il risque d'avoir de la difficulté à s'endormir et à rester endormi, car la sieste prise durant la nuit aura réduit son besoin de dormir. Cela peut poser problème d'essayer de dormir à l'inverse de son cycle circadien, comme le jour. Cependant, la récupération peut être plus rapide si des siestes ont été prises durant la période de travail.

Onze études traitant des siestes ont été recensées. Trois examinent le comportement en matière de siestes chez les travailleurs de quarts. Cinq se penchent sur l'efficacité des siestes à améliorer la performance durant les quarts de nuit; l'une d'elles scrute également l'influence de la caféine. Une autre étude examine les effets des siestes sur la performance durant les quarts d'après-midi, et une autre encore, le recours aux siestes durant les périodes de travail prolongées. Enfin, la dernière tente de valider un modèle informatique de l'effet réparateur des siestes.

Habitudes liées aux siestes chez les travailleurs de quarts tournants (Akerstedt et Torsvall, 1985)

On a enregistré la durée des périodes de sommeil et des siestes chez 282 travailleurs de l'acier affectés tour à tour à trois quarts de travail. Les changements de quart avaient lieu à 4 h 45, à 13 h et à 21 h 15. Les sujets effectuaient le même quart pendant deux à cinq jours. La moitié des travailleurs avaient l'habitude de faire des siestes, mais leur comportement face aux siestes variait en fonction du type de quart.

La durée de la période de sommeil principale variait de façon importante selon le quart de travail, la plus courte étant associée aux quarts de nuit et du matin. La durée du sommeil était d'environ six heures durant les quarts de nuit et du matin, et de 9,15 heures durant les quarts de l'après-midi et les jours de repos. La proportion des travailleurs qui faisaient des siestes diminuait à mesure qu'augmentait la durée de la période de sommeil principale. Les siestes semblent donc liées à une perte de sommeil. Les jours où ils étaient affectés à un quart du matin ou de nuit, 33 p. 100 des travailleurs faisaient une sieste, tandis que presque aucun travailleur affecté à un quart d'après-midi ou en congé n'en faisait. Le fait de s'adonner ou non aux siestes semble influer de façon importante sur le déficit de sommeil et, par conséquent, sur le besoin de récupérer.

Habitudes liées aux siestes (Akerstedt, Torsvall et Gillberg, 1989)

Dans ce chapitre, les auteurs ont examiné les habitudes liées aux siestes chez les travailleurs de quarts. Ils ont constaté une plus grande fréquence des siestes chez les travailleurs de quarts, c'est-à-dire chez ceux dont l'horaire comporte trois quarts de travail, que chez les travailleurs de jour. Des siestes sont clairement prises durant les quarts de nuit, et parfois aussi durant les quarts du matin. En général, les siestes duraient moins de deux heures, pour une moyenne de 1,1 heure. Dans le cas des horaires tournants, les siestes sont rares durant les quarts d'après-midi. Quant aux

siestes qui ponctuaient les quarts de nuit, elles étaient non autorisées ou involontaires. Elles survenaient principalement durant la seconde moitié du quart de nuit, alors que la somnolence est à son maximum, et comportaient des épisodes de sommeil paradoxal et de sommeil lent. La durée du sommeil paradoxal avait tendance à augmenter à mesure que la durée du sommeil augmentait.

La perte de sommeil semblait être la principale raison qui poussait les travailleurs à faire une sieste. Souvent, la période de sommeil principale suivant le quart de nuit était réduite de deux à trois heures, de sorte que, par suite du décalage circadien de la période de sommeil, la plupart des travailleurs de quarts déclaraient avoir un déficit de sommeil et se sentir fatigués et expliquaient ainsi leur besoin de dormir durant le jour et/ou la soirée. Durant la période de sommeil principale, le sommeil lent était rarement touché et le sommeil paradoxal semblait réparti uniformément sur toute la période, au lieu de se concentrer vers la fin de la période, comme c'est normalement le cas chez les dormeurs nocturnes. Une grande variabilité a été observée entre les travailleurs, et celle-ci semblait directement liée à la prise de siestes. La prise de siestes a également été reliée à la durée de la période de sommeil principale. Or, la composition de la période de sommeil principale peut également avoir une influence sur la prise de siestes. Ainsi, les siestes étaient plus fréquentes en cas de déficit du sommeil de stade 2 et de sommeil paradoxal, ce qui est étonnant puisque c'est le sommeil lent qui est associé à l'aspect réparateur ou homéostatique du sommeil.

Les auteurs font remarquer que l'âge est un facteur individuel très important en ce qui concerne les siestes. La fréquence des siestes augmente avec l'âge et ces dernières peuvent entraîner une détérioration de la période de sommeil principale chez les travailleurs âgés. Les travailleurs qui faisaient une sieste durant l'après-midi suivant un quart du matin étaient du type «soir», tandis que ceux qui faisaient une sieste durant l'après-midi suivant un quart de nuit étaient du type «matin».

Stratégies relatives aux siestes chez les travailleurs de quarts (Tepas, Carvalhais et Popkin, 1990)

Les stratégies relatives aux siestes ont été examinées chez 681 travailleurs affectés en permanence à des quarts de jour (PJ) et 402 travailleurs affectés en permanence à des quarts de nuit (PN), dans des usines américaines du secteur du caoutchouc et des matières plastiques. Un sondage a été effectué auprès des travailleurs de quarts sur les siestes qu'ils font durant leurs jours de travail et leurs jours de repos. Les répondants avaient en moyenne 34 ans; 69 p. 100 étaient des hommes.

Cinq catégories ont été établies quant aux stratégies liées aux siestes. Ces catégories comprenaient les travailleurs qui : faisaient souvent des siestes durant leur semaine de travail; faisaient souvent des siestes durant leurs jours de repos; faisaient souvent des siestes tant durant leur semaine de travail que durant leurs jours de repos; faisaient rarement des siestes durant leur semaine de travail et leurs jours de repos; faisaient souvent des siestes soit durant leur semaine de travail, soit durant leurs jours de repos. La majorité des travailleurs de quarts PJ et PN ne faisaient aucune sieste, ni durant leur semaine de travail ni durant leurs jours de repos. Quel que soit le quart, ce sont les travailleurs qui faisaient des siestes à la fois durant leur semaine de travail et leurs jours de repos qui éprouvaient le plus de difficulté à s'endormir ou à prolonger leur période de sommeil, tandis que ceux qui ne faisaient jamais de sieste se classaient bons derniers ou avant-derniers sur l'échelle de la difficulté à s'endormir ou

à rester endormi. De façon générale, 26,6 p. 100 des sujets PJ et 41,7 p. 100 des sujets PN déclaraient avoir de la difficulté à s'endormir ou à rester endormi. Les analyses de la variance des données sur la durée du sommeil durant les jours de travail et les jours de repos n'a révélé aucune différence significative selon la stratégie liée aux siestes. Mais une différence significative a été observée dans la durée du sommeil entre les jours de travail et les jours de repos, ainsi qu'une différence significative selon le quart de travail jour/nuit dans la durée du sommeil pendant les jours de travail (seulement). Selon les auteurs, ces données mènent à conclure que les siestes ne constituent pas une bonne stratégie pour les travailleurs PN, puisque les habitués des siestes ont déclaré avoir davantage de difficulté à s'endormir ou à rester endormi. Mais elles ne permettent pas d'affirmer que les travailleurs PN qui ne déclarent pas éprouver de telles difficultés trouvent naturellement le sommeil en peu de temps. Les données confirment également les résultats antérieurs qui associent le travail de nuit à des périodes de sommeil plus courtes pendant les jours de travail, et à une augmentation des siestes.

Effets d'une sieste d'après-midi sur la vigilance et la performance de nuit, chez des conducteurs longue distance (Macchi, Boulos, Ranney, Simmons et Campbell, 2002)

Les chercheurs ont évalué les effets d'une sieste d'après-midi sur la vigilance et la performance psychomotrice de huit conducteurs longue distance (une femme, sept hommes; âge moyen de 40 ans) durant un quart de nuit simulé. Le plan de l'étude était un plan croisé compensé à deux conditions, l'une comportant une sieste planifiée de trois heures faite l'après-midi précédant une nuit de travail simulé, et l'autre ne comportant aucune sieste. Les sujets du groupe «avec sieste» devaient demeurer au lit, dans l'obscurité, de 14 h à 17 h, qu'ils soient capables ou non de dormir. Les sujets du groupe «sans sieste» consacraient cette plage horaire à des activités sédentaires.

On accordait aux sujets une période limitée de sommeil, en laboratoire, afin d'accentuer leur besoin de dormir dans les 24 heures suivantes et d'obtenir des durées de sommeil similaires à celles enregistrées lors d'une étude sur le terrain de conducteurs de véhicules utilitaires (Mitler et coll., 1997). Des séances de tests de vigilance et de performance avaient lieu à 12 h (données de référence pré-sieste), 24 h, 2 h 30, 5 h et 7 h 30, et après deux heures de conduite dans un simulateur. Les tests comprenaient la *Walter Reed Performance Assessment Battery* (batterie d'évaluation de la performance Walter Reed), une des échelles analogiques visuelles pour évaluer la fatigue et la somnolence subjectives, ainsi qu'un électroencéphalogramme (EEG) au repos.

En général, la durée du sommeil nocturne était similaire dans les deux groupes expérimentaux, mais la latence du sommeil paradoxal était significativement plus longue, et le temps passé dans le stade deux était significativement plus élevé, dans le groupe «sans sieste». La possibilité de faire une sieste de trois heures dans l'après-midi a atténué les effets combinés du besoin de sommeil induit et du creux circadien des rythmes de la vigilance et de la performance durant un quart de nuit simulé. En effet, on a observé chez les sujets «avec sieste» une baisse de la somnolence et de la fatigue subjectives pendant la nuit, des temps de réaction plus rapides et moins variables, et des niveaux d'éveil électrocortical plus élevés durant la conduite simulée.

Les résultats montrent que la possibilité de faire une sieste de trois heures dans l'après-midi précédant un quart de nuit simulé a des effets bénéfiques sur la performance et sur les mesures subjectives et physiologiques de la vigilance prises jusqu'à 14 heures plus tard. Les auteurs croient qu'en raison des avantages persistants observés au cours de cette étude et du fait que les effets d'inertie du sommeil associés aux siestes préventives se dissipent normalement avant le début de la conduite, de telles siestes seraient préférables aux siestes de récupération faites pendant les heures de service. Ils recommandent d'intégrer cette stratégie liée aux siestes aux programmes de formation données aux conducteurs pour lutter contre la fatigue dans l'industrie du camionnage.

Amélioration de la performance psychomotrice grâce à une pause-sieste durant un quart de nuit (Signal et Gander, 2000)

L'étude de Signal et Gander avait pour but de déterminer si une courte sieste faite sur les lieux de travail, lors d'une pause prévue d'avance pendant un quart de nuit, améliore la performance psychomotrice de contrôleurs aériens. Vingt-huit contrôleurs aériens (âge moyen = 35,5 ans; 19 hommes et 9 femmes) ont travaillé quatre quarts de nuit, qui s'inscrivaient chacun dans une séquence de quarts d'après-midi, de jour, et de minuit. Deux des quarts de nuit débutaient à 22 h, les deux autres, à 23 h 30. Une pause de 40 minutes, qui donnait la possibilité de faire une sieste, était prévue deux heures après le début du quart de nuit, quand celui-ci commençait à 22 h, et trois heures après le début du quart de nuit, quand il commençait à 23 h 30. Les contrôleurs devaient rester éveillés le reste de leur quart. Des données polysomnographiques ont été recueillies durant la pause-sieste.

Pendant le quart de travail, trois mesures PVT, d'une durée de 10 minutes chacune, ont été prises avant le début du quart de travail, après la pause-sieste ou au même moment, si aucune pause-sieste n'était prévue, et à la fin du quart de travail. Malgré leur durée limitée (moyenne = 17,7 minutes, en raison d'une latence du sommeil longue) et la nature fragmentée du sommeil (réveils totaux ou partiels), les siestes planifiées, dans ce contexte opérationnel, ont procuré des améliorations importantes de la performance psychomotrice. Les résultats montrent également que même de courtes siestes de moins de 20 minutes peuvent influer de façon importante sur la performance des travailleurs de quarts.

Efficacité d'une sieste à améliorer la performance du personnel de nuit, dans un service des urgences (Smith-Coggins, Howard, Kawn, Wang, Rosekind, Sowb, Balise et Gaba, 2000)

Cette étude s'est penchée sur l'efficacité d'une sieste faite au milieu du quart de travail à atténuer la fatigue chez les médecins et les infirmières de nuit, dans un service des urgences. Dix-sept sujets ont été étudiés durant deux quarts de nuit consécutifs de 12 heures : un quart de référence et un quart «intervention». Les sujets ont été répartis de façon aléatoire en deux groupes : groupe avec sieste et groupe sans sieste. Les sujets du groupe avec sieste faisaient une sieste de 40 minutes au milieu de leur quart de travail (entre 3 h et 4 h). Les sujets du groupe sans sieste avaient le même horaire que le groupe avec sieste, mais ne faisaient pas de sieste entre 3 h et 4 h.

Un certain nombre de mesures ont été prises pour évaluer la fatigue subjective des sujets : le *Probe Recall Memory Test* (PRM), le système *CathSim*, qui permet de simuler la pose de cathéters, le PVT, le *Profile of Mood States Questionnaire* et

l'échelle de somnolence de Stanford. Les mesures étaient prises trois fois par nuit durant les quarts de référence et les quarts expérimentaux (avant le quart = 18 h 30 – 19 h 30; au milieu du quart = 4 h – 5 h ; après le quart = 8 h – 9 h 30).

Les sujets du groupe avec sieste ont obtenu de meilleurs résultats que le groupe sans sieste à la simulation CathSim et aux tests PRM et PVT, mais aucun effet statistiquement significatif n'a été observé en ce qui concerne l'humeur ou l'auto-diagnostic de la somnolence. Le groupe avec sieste a mis moins de temps que le groupe sans sieste à poser un cathéter au moyen du simulateur CathSim. Le temps de pose moyen avant/après le quart de travail a diminué de 2,2 p. 100 dans le groupe avec sieste, tandis que dans le groupe sans sieste, il a augmenté de 18,2 p. 100. La moyenne des scores au PRM des sujets du groupe avec sieste avant et après leur quart de travail s'est améliorée de 23 p. 100, comparée à celle des sujets du groupe sans sieste, qui a diminué de 29 p. 100. Aux tests administrés après le quart de travail, les sujets du groupe avec siestes avaient une moyenne de temps de réaction au 10^{e} centile (au PVT) et des pertes de vigilance moindre que celles des sujets du groupe sans sieste.

Mise en place d'une courte sieste durant un quart de nuit (Bonnefond, Muzet, Winter-Dill, Bailloeuil, Bitouze et Bonneau, 2001)

Une étude a été menée afin d'examiner les effets à long terme de la mise en place d'une courte sieste durant un quart de nuit. L'expérience a duré un an. Douze travailleurs d'usine volontaires âgés de 30 à 46 ans y ont participé. Ces travailleurs de quarts étaient autorisés, à certaines conditions, à utiliser les aires de repos pendant un maximum d'une heure, entre 23 h 30 et 3 h 30. Avant l'étude, les participants avaient reçu des consignes précises sur la façon de profiter d'une courte période de repos. Par exemple, des spécialistes leur ont enseigné des techniques de détente qui facilitent l'endormissement. Les participants remplissaient des questionnaires journaliers et bimensuels où ils consignaient leur horaire de sommeil principal, ainsi que des données sur leur humeur, la qualité de leur travail et les changements apportés à leur vie.

Les résultats ont associé ces courtes périodes de repos à une satisfaction générale à l'égard de la qualité et de la facilité du travail de nuit (p. ex., baisse de la fatigue et de la somnolence, hausse d'énergie). Par exemple, le niveau de vigilance était considéré plus élevé durant les heures suivant la sieste. En outre, chez la plupart des sujets, la qualité de vie générale s'est améliorée et le temps de sieste devenait de plus en plus efficace. Par ailleurs, tous les sujets ont perçu une augmentation progressive de la qualité de leur sommeil au cours de courtes siestes. Quelques participants avaient l'impression de s'endormir moins facilement le matin à leur retour à la maison, mais l'analyse statistique n'a révélé aucun effet négatif de la sieste sur la durée de la période de sommeil principale consécutive au quart de nuit. Cependant, les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre la durée du sommeil principal qui suivait le quart de nuit et celle qui suivait ou le quart d'après-midi ou la période de repos (la première était plus courte). La durée du sommeil principal suivant le quart de nuit n'était *pas* statistiquement différente de celle suivant le quart du matin. Les auteurs concluent qu'une courte sieste durant un quart de nuit est une bonne façon de parer à la baisse de vigilance qui survient normalement vers la fin de la nuit.

Siestes et caféine en tant que contre-mesures à la fatigue durant les quarts de nuit (Schweitzer, Randazzo, Stone et Walsh, 2000)

Cette étude examine de façon systématique les effets des siestes et de la caféine prises avant les quarts de nuit. Cinquante-deux sujets (âge moyen = 32,5 ans ± 12,8; 26 hommes, 31 femmes) ont été répartis dans quatre groupes répondant aux *conditions suivantes : sieste avant les deux premiers* d'une série continue de quatre quarts de nuit simulés (NAP); 4 mg/kg de caféine avant les quatre quarts de nuit simulés (CAF); combinaison des conditions NAP et CAF (NAP+CAF); placebo avant les quatre quarts de nuit simulés (PBO). Tous les sujets ont été suivis durant les quatre quarts de nuit consécutifs et les quatre jours suivants. Le quart de nuit simulé débutait à 23 h et se terminait à 7 h.

Diverses mesures ont été prises pour évaluer la fatigue : le *Maintenance of Wakefulness Test* (test de maintien de la vigilance) (23 h 45, 1 h 45, 3 h 45, 6 h 30), la *Neurobehavioural Assessment Battery* (batterie d'évaluation neurocomportementale) (23 h, 1 h, 3 h, 5 h 45), divers tests cognitifs (2 h 15, 4 h 40) et la durée du sommeil diurne (coucher à 8 h 30; au moins six heures au lit). Les auteurs ont constaté que la caféine et/ou les siestes avaient amélioré à la fois la vigilance et la performance au cours des quatre quarts de nuit simulés. L'amélioration de la vigilance était maximale durant le premier quart de nuit, avec de légères différences parmi les trois groupes visés par des traitements actifs. La condition NAP+CAF a semblé un peu plus efficace que les autres, car ses effets ont persisté jusqu'à la deuxième nuit.

Pouvoir réparateur de courtes siestes d'après-midi (Tietzel et Lack, 2000)

Dans cette étude, 16 dormeurs adultes en bonne santé (âge moyen = 22,5 ans, ET = 3,86) ont été répartis dans l'un ou l'autre des quatre groupes suivants : aucune sieste; siestes très courtes de 30 secondes; siestes très courtes de 90 secondes; courtes siestes de 10 minutes. Les siestes se terminaient vers 15 h. La veille de chaque séance en laboratoire, les participants devaient dormir entre 24 h et 5 h (moyenne = 4,70 heures, ET = 0,13).

La fatigue des sujets a été évaluée à l'aide de l'échelle de somnolence de Stanford (vigilance subjective), de la *Symbol-Digit Substitution Task* (tâche de substitution de codes) et du *Letter Cancellation Test* (expérience de détection de lettres). Les mesures de la fatigue étaient prises avant la sieste, cinq minutes après la sieste, puis de nouveau 35 minutes après la sieste.

Après une légère privation de sommeil nocturne, une sieste de 10 minutes faite l'après-midi a réduit la fatigue subjective (échelle de somnolence de Stanford) et amélioré la performance cognitive pendant au moins 35 minutes, et a amélioré la vigilance pendant au moins une heure. En revanche, les siestes très courtes de 30 et 90 secondes n'ont procuré aucun avantage mesurable dans l'heure qui a suivi.

Siestes stratégiques dans divers contextes opérationnels (Rosekind, Smith et Miller, 1995)

Les auteurs ont recensé plusieurs études qui documentent les effets bénéfiques des siestes dans le maintien ou l'amélioration de la performance durant les périodes de veille prolongées. Ces effets bénéfiques correspondent à une amélioration des résultats aux tests de performance et à une baisse de la somnolence au MSLT – *Multiple Sleep Latency Test* (test des latences multiples d'endormissement). De l'étude

de siestes d'une durée de 20 minutes à huit heures, il semble ressortir un effet «proportionnel à la dose», l'amélioration étant à la mesure de la longueur de la sieste. Les effets négatifs des siestes sont l'inertie du sommeil, qui dure de quelques minutes à 35 minutes, bien que la plupart du temps elle semble disparaître au bout de 10 à 15 minutes. Les siestes faites durant les vols semblent constituer une bonne stratégie pour favoriser la performance et la vigilance durant les phases critiques d'un vol, soit le décollage et l'atterrissage. Les siestes sont faites en dehors de ces phases critiques et, par conséquent, elles sont planifiées en fonction du contexte opérationnel plutôt que des besoins physiologiques. Les auteurs rappellent que le creux circadien qui survient à la fin de la nuit prédispose aux siestes involontaires et facilite l'endormissement. Il apparaît donc raisonnable de préconiser une sieste stratégique durant le creux circadien. Les conducteurs de véhicules utilitaires peuvent se le permettre, mais il n'est pas toujours possible à l'équipage d'un aéronef d'y recourir étant donné que le creux circadien peut correspondre à la phase de l'atterrissage.

Prévision de l'effet réparateur des siestes (Fletcher et Dawson, 2001)

Cette étude avait pour but de valider un modèle informatique servant à prévoir les niveaux de vigilance en fonction de l'horaire de sommeil et de travail. On a analysé les données portant sur 193 conducteurs de trains volontaires recrutés dans l'industrie ferroviaire australienne. L'échantillon comptait 189 hommes et quatre femmes dont l'âge moyen était de 39,6 ans. Ces sujets avaient été choisis parce qu'ils représentaient toute la gamme des horaires possibles, certains parmi eux travaillant même 24 heures par jour. Le nombre d'heures travaillées par semaine variait entre 40 et 80. L'horaire de l'étude était établi plusieurs mois à l'avance, dans certains groupes, et seulement un ou deux jours avant le travail, dans d'autres groupes. Les données d'entrée pour le module de la fatigue liée au travail étaient les heures de début et de fin des quarts, sur au moins sept jours. Les sujets devaient tenir un agenda de travail quotidien. Des échelles visuelles analogiques servaient à l'autoévaluation de la vigilance. Un test automatisé appelé «OPSAT» a été administré aux sujets. Ce test, qui exige une coordination œil-main, mesure le temps de réaction et la vigilance. Les sujets doivent replacer au centre d'une cible ronde un curseur qui se déplace de façon aléatoire.

Cette étude a révélé un lien plus étroit entre la fatigue prévue et la vigilance subjective qu'entre la fatigue prévue et la performance mesurée de façon objective. De plus, le modèle de fatigue arrivait particulièrement bien à prévoir la vigilance subjective l'après-midi et le soir, après une série de quatre quarts de travail.

7 DISCUSSION ET CONCLUSIONS

7.1 La récupération dans l'industrie du camionnage

Une étude de la récupération sur le terrain, menée auprès d'un échantillon très limité de conducteurs, a montré que, selon des données sur le sommeil et le maintien de la trajectoire, un repos de 60 heures est préférable à un repos de 36 heures, et ce, tant pour les travailleurs de jour que pour les travailleurs de nuit, mais particulièrement pour les travailleurs de nuit. (Wylie, Shultz, Miller, Mitler et Mackie, 1997). Ainsi, la performance de trois conducteurs de jour n'avait subi aucune baisse, après un repos de deux cycles de travail, tandis que celle de conducteurs qui avaient pris un repos de 36 heures avait quelque peu fléchi au moment où ceux-ci entamaient leur deuxième semaine de conduite. En général, la performance des conducteurs de nuit était plus faible que celle des conducteurs de jour. La performance des conducteurs de nuit qui avaient pris un repos de 36 heures était plus faible durant leur deuxième semaine de conduite que durant leur première. Malheureusement, les effets d'un repos de 60 heures sur la récupération des conducteurs de nuit n'ont pas été examinés.

Dans des conditions idéales, lorsqu'ils n'ont aucune obligation familiale ou sociale, et qu'ils peuvent dormir autant qu'ils le veulent (O'Neill et coll., 1999), il suffit aux conducteurs de jour d'une période de repos composée de deux nuits complètes et d'une journée complète, c.-à-d. 36 heures, pour récupérer complètement. La principale limite de cette étude est qu'elle a été menée en laboratoire, qu'elle ne portait que sur la conduite de jour et que les sujets pouvaient dormir à loisir. Par conséquent, la durée de leur sommeil était plus longue (en moyenne 6,5 heures durant les périodes de travail) que celle observée dans d'autres études. Par exemple, Mitler et coll. (1997) ont montré que des conducteurs de jour qui prenaient la route à 9 h et conduisaient pendant 10 heures dormaient en moyenne 5,4 heures (5,8 heures au lit) (Mitler, Miller, Lipsitz, Walsh et Wylie, 1997), ce qui représente 1,1 heure de moins que la durée de sommeil observée chez les sujets en laboratoire.

Une autre étude en laboratoire (Balkin et coll., 2000), qui exigeait également des sujets qu'ils passent la journée dans un simulateur de conduite, restreignait le sommeil à trois, cinq, sept ou neuf heures. La récupération était mesurée sur une période de quatre jours et trois nuits. La durée du sommeil de récupération était limitée à celle que les sujets pouvaient obtenir en huit heures au lit (moyenne de 6,5 heures). La principale conclusion de cette étude est que, à la suite d'une baisse de performance importante et inversement proportionnelle à la durée du sommeil dans les groupes de trois, cinq et sept heures, la récupération était minime dans le groupe qui passait trois heures au lit par nuit et elle était incomplète dans les groupes qui passaient cinq ou sept heures au lit : en effet, ces groupes n'avaient pas retrouvé leur performance de base à toutes les tâches, même après trois nuits de sommeil. Ainsi, dans un environnement où ils dormaient moins, et qui ressemble davantage à la situation réelle des conducteurs, même s'ils avaient un horaire de jour et qu'ils dormaient la nuit, les sujets n'arrivaient pas à récupérer complètement au cours de la période de récupération de 84 heures.

Le groupe de trois heures de sommeil représente un cas extrême, parce que dans le temps qui leur était alloué, les sujets ne pouvaient dormir que 2,9 heures en moyenne. Or, dans l'étude de Mitler et coll. (1997), qui portait sur la conduite dans la «vraie vie», même dans la pire situation de conduite de nuit continue, et malgré la gêne causée par

l'équipement de mesure et les exigences de l'étude, les conducteurs dormaient en moyenne 3,8 heures.

Une autre raison de douter de la validité des conditions d'essai est que la limitation à 6,5 heures de la durée du sommeil pendant la période de récupération peut être quelque peu excessive. L'étude de O'Neill et coll. (1999), par exemple, ne limitait pas la durée de sommeil durant les jours de récupération suivant des périodes de conduite de jour, et les conducteurs dormaient en moyenne 7,1 heures.

Ni l'étude de Balkin et coll. (2000) ni celle de O'Neill et coll. (1999) n'ont examiné des horaires de travail de nuit. Dans de telles conditions, les conducteurs doivent travailler la nuit, alors que les rythmes circadiens entraînent une performance sous-optimale, et dormir le jour, alors que la qualité du sommeil est moins bonne. On s'attendrait donc que la récupération soit plus longue dans le cas des horaires de nuit que dans celui des horaires de jour.

7.2 La récupération dans d'autres secteurs d'activité

Une méta-analyse a montré que, pour la plupart des horaires, de jour ou de nuit, à rotation rapide ou hebdomadaire, régulier ou irrégulier, la récupération, telle que mesurée par la somnolence subjective, était complète après une seule journée de récupération qui comprenait une nuit de sommeil complète. Cependant, il y avait des exceptions. Il fallait à des membres du personnel de cabine d'avions long-courrier (traversant plusieurs fuseaux horaires) trois jours de repos pour récupérer complètement. Des travailleurs de la construction qui travaillaient sept quarts de jour consécutifs de 12 heures avaient besoin de trois à quatre jours de repos pour atteindre des niveaux de somnolence normaux. Et des travailleurs de plates-formes de forage qui travaillaient 14 quarts de nuit consécutifs de 12 heures n'avaient pas encore récupéré après quatre à cinq jours de repos. Des différences individuelles ont aussi été observées. Ainsi, parmi 60 travailleurs des pâtes et papiers qui avaient un horaire à rotation très rapide, certains récupéraient durant le premier jour de récupération, tandis que d'autres mettaient trois à quatre jours pour y arriver. La principale faiblesse de cette étude est qu'elle n'avait recours qu'à des mesures subjectives. Or, il est bien connu que les travailleurs peuvent s'estimer reposés même s'ils manifestent des signes objectifs de détérioration de la performance.

Une étude des divers horaires régissant les infirmières semble indiquer que certaines mesures telles que la vigilance, la durée du sommeil, l'humeur et la satisfaction sociale diminuent le premier jour de repos, et qu'au moins deux jours de récupération sont nécessaires (Totterdell, Spelten, Smith, Barton et Folkard, 1995). La vigilance continuait de s'améliorer le troisième jour de récupération, ce qui laisse croire que le déficit de sommeil peut persister au-delà de deux jours de récupération. Le travail de nuit semble exiger une période de récupération plus longue, mais une période de récupération trop longue peut nuire à l'adaptation au travail de nuit. Le temps de réaction s'altérait au cours de plusieurs quarts de nuit consécutifs et il avait tendance à s'améliorer durant les jours de repos suivant les quarts de nuit.

Dans son recensement des contre-mesures à la fatigue, Akerstedt (1998) a noté que la plupart des travailleurs de quarts disent avoir besoin d'au moins deux jours de repos, y compris deux périodes de sommeil normales, pour récupérer à la suite de trois quarts de nuits consécutifs. Cette étude a également montré qu'il fallait une journée de plus

pour récupérer après sept quarts de nuit consécutifs. Et des études sur le décalage horaire révèlent qu'il peut falloir jusqu'à quatre jours de repos pour récupérer après une désynchronisation radicale du cycle veille-sommeil.

Une étude de l'effet d'une privation de sommeil prolongée a montré qu'à valeur égale, la privation de sommeil a un effet beaucoup plus considérable sur la performance lorsque le sommeil est pris le jour plutôt que la nuit (Rogers et coll., 2000). Cela montre l'importance de tenir compte non seulement de la durée de la période de repos, mais aussi du moment où est pris le sommeil.

Dans une étude de Price et coll. (2000), les sujets étaient privés de sommeil pendant 88 heures, puis avaient droit soit à deux nuits de récupération de sept heures suivies d'une nuit de récupération de 14 heures, soit à trois nuits de récupération de 14 heures (Price, Rogers, Fox, Szuba, Van Dongen et Dinges, 2000). Les résultats de cette étude révèlent que plus un sujet a la possibilité de rester au lit, et de dormir, longtemps, plus il récupère rapidement à la suite d'une privation aiguë de sommeil.

7.3 Les différences individuelles

Dans leur étude sur le terrain portant sur des conducteurs courte distance affectés à des horaires de jour, Hanowski et coll. (2000) ont constaté que les conducteurs qui montraient des signes de fatigue et qui étaient impliqués dans des incidents reliés à la fatigue dormaient moins et moins bien que les conducteurs qui ne montraient aucun signe de fatigue. En ce qui concerne les différences individuelles, dix des 42 conducteurs étaient impliqués dans 86 p. 100 des incidents. Les conducteurs jeunes et moins expérimentés étaient significativement plus susceptibles d'être impliqués dans des incidents critiques et ils montraient davantage de somnolence au travail. Étant donné que tous les conducteurs avaient le même horaire, cette étude donne à penser que les différences individuelles dans la durée du sommeil influent sur la performance. Il reste à déterminer si ces différences sont dues au fait que les conducteurs se privent délibérément de sommeil pour remplir leurs obligations familiales, sociales ou autres, ou si elles sont dues à la difficulté de dormir.

Dans une étude comparative d'infirmières occupant des postes permanents de jour et de nuit, aucune différence n'a été observée dans le temps de sommeil total de ces dernières (Quera-Salva, Guilleminault, Claustrat, Defrance, Gajdos, Crowe McCann et De Lattre, 1997). Cependant, comparées aux infirmières de jour, les infirmières de nuit avaient tendance à augmenter de façon significative la durée de leur sommeil durant leurs jours de repos et à écourter leur sommeil durant les nuits de travail. Toutes les infirmières de nuit revenaient à des activités diurnes durant leurs jours de repos. Les tests de performance ont montré qu'une minorité d'infirmières de nuit s'adaptaient sur le plan physiologique au travail de nuit, et que leur performance était semblable à celle des infirmières de jour. Comme ces comparaisons ne concernaient que six infirmières de nuit «adaptées» à leur horaire, il y aurait lieu de vérifier ces résultats dans des études ultérieures.

Dans une deuxième étude sur des infirmières, Hennig et coll. (1998) ont constaté que sur 24 infirmières qui travaillaient sept quarts de nuit consécutifs, 18 pouvaient être considérées comme pouvant s'adapter au travail de nuit et six comme n'étant pas capables de s'adapter, selon les taux de cortisol mesurés. Contrairement à l'étude précédente, la majorité des infirmières s'étaient «adaptées».

Dans une analyse des courbes de sécrétion de la mélatonine, un déplacement graduel de la courbe de mélatonine chez sept travailleurs de nuit sur onze a révélé une adaptation incomplète (Weibel, Spiegel, Gronfier, Follenius et Brandenberger, 1997). Les travailleurs de jour ne parvenaient pas à s'adapter lorsqu'on leur demandait de dormir durant le jour.

Dans une étude sur le terrain à laquelle ont participé 15 infirmières occupant des postes permanents de nuit, Boivin et James (2002) ont montré qu'il est possible de synchroniser les rythmes circadiens avec l'horaire de travail grâce à une programmation judicieuse de la lumière et de l'obscurité. Et cette stratégie demeurait efficace même si les infirmières retournaient à des activités diurnes durant leurs jours de repos. Dans une autre étude, les auteurs ont montré que la durée du sommeil de jour après des quarts de nuit était significativement plus longue chez les infirmières qui avait bénéficié de la photothérapie (James, Chevrier et Boivin, 2002). Cette observation montre que le niveau d'adaptation circadienne à un horaire atypique peut influencer de façon importante la durée du sommeil de récupération.

Dans sa recherche sur les différences individuelles dans la tolérance au travail par quarts, Härmä examine les effets des rythmes circadiens individuels (adaptation et phase), du consentement à travailler la nuit, de l'introversion-extraversion, du chronotype et du sexe (Härmä, 1992). Certains de ses résultats sont aujourd'hui contestés, mais les effets négatifs de l'âge se confirment encore. Par exemple, Nachreiner (1998) a étudié récemment plusieurs des mêmes facteurs et il a conclu qu'aucun ne possède une puissance prédictive cohérente qui permet d'évaluer la capacité d'une personne à s'adapter au travail par quarts. L'auteur laisse entendre néanmoins que les personnes qui sont du type «soir» s'adaptent mieux et qu'il faut préférer les régimes de quarts à rotation lente.

Dans une recherche sur différents horaires de travail par quarts, Knauth (1997) formule des recommandations sur la conception des régimes de quarts. Une de ces recommandations concerne plus particulièrement les conducteurs de véhicules utilitaires, qui travaillent de nuit et selon des horaires tournants : ils auraient besoin de deux jours pour récupérer après trois quarts de travail de nuit consécutifs, et de trois jours, après sept quarts de nuit consécutifs. Cela donne à penser qu'une période de récupération de 36 heures ne serait pas suffisante pour «rembourser» la dette de sommeil accumulée. Il recommande : 1) que les quarts du matin ne débutent pas trop tôt, pas avant 6 h 30, dans la mesure du possible; 2) que les quarts de nuit commencent tôt et que les conducteurs puissent dormir durant leur creux circadien. Cette solution réduirait de façon substantielle les épisodes de micro-sommeil et la fatigue.

Dans une étude de Gaudreau, Morettini, Lavoie et Carrier (2001), un groupe de personnes en bonne santé avaient trois nuits de sommeil normal, après quoi elles étaient privées de sommeil pendant 24 heures, soit jusqu'au matin; elles étaient alors autorisées à dormir. Il a été constaté que plus les personnes étaient âgées, plus elles avaient de la difficulté à se remettre de la privation de sommeil. Comme on pouvait s'y attendre, après la privation de sommeil, la proportion de sommeil lent a augmenté tant dans le groupe de sujets jeunes que dans le groupe de sujets d'âge moyen. Cependant, le rebond du sommeil lent était significativement moins prononcé chez les sujets d'âge moyen. Dans une autre étude sur la privation de sommeil chez des personnes en bonne santé, Van Dongen et coll. (2002) ont mis en évidence des

différences individuelles significatives dans la susceptibilité à la détérioration de la performance après un manque de sommeil.

7.4 Le sommeil

L'étude de Balkin et coll. (2000) comprenait une évaluation actigraphique du sommeil chez 50 conducteurs de véhicules utilitaires longue distance et courte distance pendant 20 jours consécutifs. Les deux groupes ont dormi, en moyenne, environ 7,5 heures par nuit. Les conducteurs courte distance obtenaient 3 p. 100 de leur sommeil durant leurs heures de service, tandis que cette proportion atteignait 44 p. 100 chez les conducteurs longue distance. Étant donné que les conducteurs longue distance obtenaient presque la moitié de leur sommeil quotidien durant leurs quarts de travail (principalement dans la couchette), on peut penser qu'ils passent une bonne partie de leur quart de travail dans un état de privation partielle de sommeil, jusqu'à ce qu'ils aient l'occasion de s'arrêter pour dormir. Quelle que soit la durée de la période de repos, aucune ne garantissait aux conducteurs courte et longue distance un sommeil adéquat. Les auteurs notent que comme les conducteurs consacrent vraisemblablement une partie substantielle de leur période de repos à leurs affaires personnelles, cette période doit être suffisamment longue pour qu'ils puissent vaquer à leurs occupations et dormir suffisamment. Cela peut être particulièrement important pour les conducteurs longue distance qui, souvent, ne dormaient pas du tout durant leurs périodes de repos.

Le temps de sommeil total variait beaucoup, d'un jour à l'autre, chez les conducteurs des deux groupes. Chez certains conducteurs courte et longue distance, l'écart entre les heures de sommeil pouvait atteindre 11,2 heures, au cours des 20 jours de l'étude. D'autres conducteurs avaient des horaires veille-sommeil plus cohérents. Certains affichaient un profil qui laissait penser qu'ils vivaient dans un déficit de sommeil chronique, qu'ils allégeaient de temps à autre en s'accordant de longues périodes de sommeil de récupération.

7.5 Les siestes

Comme les siestes allègent le déficit de sommeil, elles peuvent réduire le temps nécessaire pour récupérer. Or, aucune des études recensées n'a établi de relation entre les siestes et la récupération chez les conducteurs de véhicules utilitaires. Cependant, un certain nombre d'études ont montré l'efficacité des siestes à améliorer la performance et à réduire le déficit de sommeil.

Dans un examen des habitudes relatives aux siestes chez des travailleurs de quarts, Akerstedt et Torsvall (1985) ont constaté que la proportion de travailleurs qui s'adonnaient à des siestes diminuait lorsqu'on allongeait leur période de sommeil principale. De plus, tandis que la moitié des travailleurs faisaient normalement des siestes au cours des quarts de nuit, presque aucun n'en faisait durant les quarts d'après-midi ou les jours de repos, ce qui semble indiquer un lien entre les siestes et le déficit de sommeil. Par ailleurs, Akerstedt et coll. (1989) signalent que les siestes sont plus fréquentes chez les travailleurs de quarts que chez les travailleurs de jour. Durant les quarts de nuit, les siestes étaient non autorisées et involontaires, et étaient principalement observées durant la deuxième moitié du quart de nuit, lorsque la somnolence était à son maximum. Les siestes étaient associées à une diminution d'environ deux heures de la période de sommeil principale qui suivait.

Une étude a examiné la stratégie relative aux siestes chez des travailleurs affectés de façon permanente à des quarts de nuit et des quarts de jour (Tepas, Carvalhais et Popkin, 1990). Cinq stratégies ont été déterminées, selon que les conducteurs faisaient une sieste ou n'en faisaient pas durant leur semaine de travail, seulement la fin de semaine, ou à la fois la semaine et la fin de semaine, et selon la fréquence des siestes. Les auteurs ont constaté que les travailleurs de nuit permanents habitués des siestes se plaignaient davantage que ceux qui ne faisaient pas de sieste d'avoir de la difficulté à dormir. Rien ne leur a permis d'affirmer que les travailleurs de nuit qui ne faisaient pas de sieste agissaient ainsi parce qu'ils trouvaient facilement le sommeil. Comme l'avaient montré des études précédentes, les travailleurs de nuit étaient plus enclins à faire une sieste et à éprouver de la difficulté à dormir que les travailleurs de jour.

Une étude à laquelle ont participé des conducteurs de véhicules utilitaires longue distance a révélé que la possibilité de faire une sieste de trois heures l'après-midi précédant un quart de nuit simulé avait des effets bénéfiques sur la performance en simulateur de conduite et sur les mesures subjectives et physiologiques de la vigilance prises jusqu'à 14 heures plus tard (Macchi, Boulos, Ranney, Simmons et Campbell, 2002).

Une autre étude faite auprès de contrôleurs aériens a révélé que l'aménagement d'une courte pause-sieste sur les lieux de travail pendant les quarts de nuit améliore la performance, même si sa durée est limitée (environ 18 minutes) et que le sommeil est morcelé (Signal et Gander, 2000). De même, la performance au travail du personnel d'un service des urgences s'était améliorée, grâce à une sieste de 40 minutes faite au milieu du quart de nuit (Smith-Coggins et coll., 2000). La caféine ou une sieste, ou les deux, ont amélioré à la fois la vigilance et la performance durant quatre quarts de nuits simulés; l'effet le plus important s'est fait ressentir durant le premier quart de nuit, et a été associé à la combinaison caféine et sieste (Schweitzer, Randazzo, Stone et Walsh, 2000).

Une sieste de 10 minutes en après-midi, après une légère privation de sommeil nocturne, a réduit la fatigue subjective et a amélioré la performance pendant au moins 35 minutes, et a amélioré la vigilance pendant au moins une heure (Tietzel et Lack, 2000).

Les effets d'une sieste d'au plus une heure sur la durée du sommeil, l'auto-diagnostic de la somnolence et la qualité de vie ont été examinés chez des travailleurs de nuit (Bonnefond, Muzet, Winter-Dill, Bailloeuil, Bitouze et Bonneau, 2001). Les chercheurs ont constaté que la possibilité de faire une sieste engendrait une satisfaction générale à l'égard de la facilité à travailler la nuit et améliorait la qualité de vie.

Après avoir recensé plusieurs études, Rosekind et coll. (1995) ont conclu que les siestes peuvent aider à maintenir ou à améliorer la performance durant des périodes de veille prolongées. De l'étude de siestes d'une durée de 20 minutes à huit heures, il semble ressortir un effet «proportionnel à la dose», l'amélioration de la performance étant à la mesure de la longueur de la sieste. Bien que l'inertie du sommeil puisse être considérée comme un effet négatif de la sieste, celle-ci semble se dissiper au bout de 10 à 15 minutes.

Une étude qui visait à valider un modèle informatique conçu pour prévoir les niveaux de vigilance à partir d'un horaire de sommeil et de travail a mis en évidence un lien plus étroit entre la fatigue prévue et la vigilance subjective qu'entre la fatigue prévue et la performance mesurée de façon objective (Fletcher et Dawson, 2001). Le modèle de fatigue arrivait à mieux prévoir la vigilance subjective l'après-midi et le soir, après quatre quarts de travail consécutifs.

8 FACTEURS À PRENDRE EN COMPTE DANS LES PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX

Un des objectifs de la recherche documentaire était de cerner les facteurs dont il faut tenir compte dans l'élaboration de protocoles expérimentaux visant à déterminer les périodes de récupération nécessaires aux conducteurs de véhicules utilitaires pour retrouver leurs «niveaux de performance normaux» avant de commencer une nouvelle semaine de travail. Le tableau 1 montre les facteurs liés aux horaires qu'il conviendrait d'examiner, les mesures qui pourraient être prises, les critères de sélection des sujets, les contraintes, les différences individuelles qui pourraient être examinées, ainsi que d'autres facteurs à prendre en compte.

En ce qui concerne les horaires à examiner, de nombreuses études en laboratoire et sur le terrain ont été faites sur la conduite de jour et la récupération, mais très peu sur la conduite de nuit et la récupération. Étant donné la difficulté d'obtenir un sommeil de qualité durant le jour et le déficit de sommeil associé à la conduite de nuit, les études sur la récupération après la conduite de nuit sont particulièrement importantes. L'étude d'infirmières affectées à divers horaires a montré que deux jours de récupération étaient nécessaires, d'après des mesures de la vigilance, de la durée du sommeil, de l'humeur et de la satisfaction sociale. La vigilance continuait de s'améliorer le troisième jour. Dans une étude de Kecklund et Akerstedt, la plupart des travailleurs de quarts ont déclaré avoir besoin de deux jours de repos, y compris deux périodes de sommeil normales, pour récupérer après trois quarts de nuit consécutifs, et d'un jour de récupération supplémentaire, après sept quarts de nuit consécutifs (Kecklund et Akerstedt, 1995). À partir d'un petit échantillon de conducteurs qui avaient effectué quatre quarts de nuit de 13 heures, Wylie et coll. (1997) ont observé que, après une période de récupération de 36 heures, ceux-ci avaient une performance pire qu'au début de leur semaine de travail précédente. Il ressort de ces études que la variable «période de récupération», dans les protocoles expérimentaux, doit prendre, au minimum, les valeurs suivantes : aucune période de récupération et périodes de récupération d'une nuit, deux nuits et trois nuits.

La plupart des études font intervenir des mesures subjectives, des mesures physiologiques et des mesures de performance. Les mesures subjectives sont pertinentes dans les études sur la fatigue parce que celle-ci est essentiellement un concept subjectif. Cependant, les mesures subjectives sont, par nature, sujettes à interprétation et peuvent être entachées de biais individuels. Les mesures peuvent aussi être manipulées par les sujets interrogés et refléter d'autres biais environnementaux. Mais des comparaisons intra-sujets minutieuses faites à l'aide d'instruments de mesure valides, fiables et exempts de biais interne, peuvent être utiles pour évaluer la fatigue, la performance et le sommeil, surtout si ces variables sont aussi évaluées objectivement.

Les mesures physiologiques constituent de bonnes mesures objectives, mais lorsqu'elles servent de mesures psychophysiologiques, c'est-à-dire lorsque les mesures physiologiques sont censées refléter des concepts psychologiques, comme la fatigue, elles peuvent poser des difficultés d'interprétation. Par exemple, un électroencéphalogramme (EEG) peut constituer une bonne mesure de la vigilance et de la fatigue, car le lien entre les fréquences EEG et le potentiel de somnolence est bien documenté. La fermeture des paupières peut également être utile, parce qu'il est difficile de réagir à un stimulus de l'environnement si les yeux ne sont pas

suffisamment ouverts pour capter le stimulus. Par ailleurs, des mesures telles que le rythme cardiaque sont plus difficiles à interpréter, étant donné que ce dernier peut varier en fonction d'un grand nombre de paramètres. Or, à moins de bien contrôler l'environnement, de telles mesures demeurent difficiles à interpréter.

Les tests de performance peuvent s'avérer des outils efficaces pour évaluer la performance et les changements de performance associés à la fatigue. Parmi les tests de performance qui ont été utilisés avec succès figurent le test psychomoteur de la vigilance (PVT, *Psychomotor Vigilance Test*), un test cognitif très sensible à la privation de sommeil et au rythme circadien, utilisé dans la plupart des études que nous avons recensées. Les mesures de performance devraient aussi comporter des mesures de conduite, et en particulier les déviations de trajectoire, qui se sont révélées sensibles à la somnolence et à la fatigue. La performance en conduite n'est peut-être pas aussi sensible que le PVT par exemple, mais elle possède une forte validité apparente. Les mesures qui comportent l'inventaire des incidents de conduite représentent un intérêt particulier.

En ce qui concerne les critères de sélection des sujets, l'âge a été clairement associé à la qualité et à la durée du sommeil, particulièrement chez les travailleurs de quarts. Les conducteurs atteints de troubles du sommeil non traités devraient être écartés. Il existe actuellement des outils efficaces d'autodépistage du trouble du sommeil le plus courant, soit l'apnée du sommeil. Des dispositifs comme l'*Edentrace* et le *Sleep Strip* peuvent être utilisés à la maison par les participants. Il leur suffit de suivre de simples instructions et de conserver les résultats pour interprétation ultérieure. L'évaluation polysomnographique complète n'est plus nécessaire. Il y aurait lieu, pour mieux comprendre les différences individuelles se rapportant à la récupération, d'enregistrer de nombreuses variables, qu'elles servent ou non de critères de sélection. Ces variables comprennent le chronotype, les habitudes relatives aux siestes, la consommation de café, d'alcool et de médicaments, la situation familiale et la distance entre le domicile et le lieu de travail.

L'effet des siestes sur la durée de la récupération devrait être examiné, de même que l'effet de l'âge et d'autres différences individuelles (comme avoir un rythme circadien qui s'adapte facilement, faire des siestes, appartenir à un chronotype particulier, le mode de vie).

Tableau 1 Principaux facteurs à prendre en compte dans les protocoles expérimentaux

HORAIRES

- de jour, de nuit, réguliers, irréguliers
- durée de la période de récupération
- durée et moment du sommeil permis durant les quarts de travail
- durée du sommeil permis durant la période de récupération
- activités de chargement/déchargement – durée et moment
- siestes permises durant les heures de service

MESURES

- caractéristiques souhaitables : tâches naturelles ou facilement apprises
- sensibilité à la phase circadienne, à la somnolence
- mesures subjectives :
  - échelle de somnolence de Stanford
  - agendas du sommeil (durée et qualité, et vigilance après les périodes de sommeil principales et les siestes)
  - demander aux conducteurs si la durée de leur sommeil de récupération était suffisante et, dans la négative, ce qui a les empêchés de dormir suffisamment – difficulté à dormir ou obligations sociales, familiales ou autres
  - satisfaction au travail
- mesures physiologiques :
  - EEG
  - enregistrements polysomnographiques
  - actigraphe porté au poignet
  - taux de mélatonine dans l'urine
- batterie de tests :
  - PVT (pertes de vigilance, les 10 p. 100 les plus rapides)
  - batterie de tests cognitifs (p. ex., *Walter Reed Test Battery*)
  - mesures de la performance en conduite – simulateur/route :
    - déviations de trajectoire
    - maintien de la vitesse
    - stratégie de changement de vitesse
    - essais de réaction (p. ex., brouillard)
    - incidents critiques évalués par vidéo/moniteurs
- À consigner :
  - consommation de caféine
  - exposition à la lumière
  - consommation de médicaments
  - horaire préalable veille-sommeil

Tableau 1 (suite)

CRITÈRES DE SÉLECTION DES SUJETS

- tabagisme
- consommation de caféine
- consommation d'alcool
- type de permis
- âge
- troubles du sommeil
- chronotype
- dépistage toxicologique de la consommation de substances illicites

DIFFÉRENCES INDIVIDUELLES

- âge
- sexe
- rapport taille/poids en tant qu'indicateur de la santé physique
- caractéristiques prédictives de la susceptibilité à la détérioration de la performance due à un manque de sommeil (état de santé, troubles du sommeil, situation familiale, chronotype)
- personne habituée des siestes ou qui n'en fait jamais
- facteurs psycho-sociaux (jeunes enfants à la maison, distance entre le domicile et le lieu de travail)

CONTRAINTES

- temps de repos
- endroit du repos
- caféine
- alcool

AUTRES FACTEURS À PRENDRE EN COMPTE

- conséquences des exigences de l'étude sur la capacité des sujets à dormir
- retards imprévus (douane, circulation, etc.)

9 PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX

Le but ultime de la phase 1 de ce projet est de fournir un éventail de protocoles expérimentaux pour étudier la question bien précise de la récupération de la fatigue. La présente section propose huit options de protocoles expérimentaux rigoureusement scientifiques. Ces options seront approfondies à la phase 2, au cours d'un deuxième atelier d'élaboration de scénario, auquel participeront les membres de l'équipe, après quoi ils seront l'objet d'un débat entre les principaux experts et intervenants. De ce débat devraient ressortir les meilleurs protocoles expérimentaux du point de vue scientifique et empirique, et les plus aptes à déboucher sur des orientations définitives pour la réglementation des périodes de récupération pour les conducteurs de véhicules utilitaires. De plus, ce débat devrait établir les limites de chaque option, de façon que l'on sache clairement à quelles questions les expériences pourront répondre et à quelles questions elles seront incapables de répondre. Des évaluations sur le terrain en cours de trajet et des études épidémiologiques et en laboratoire ont été envisagées, de même que des options qui permettent d'examiner l'effet des différences individuelles et des facteurs circadiens sur la récupération.

9.1 Objectifs et hypothèses

L'objectif fondamental des options est de déterminer la durée de la période de repos nécessaire aux conducteurs pour récupérer et redevenir frais et dispos, après une période de travail prolongée. Les études seront menées dans les limites des lois applicables en vigueur et des règlements sur les heures de service. Un conducteur sera considéré comme ayant pleinement récupéré lorsque les valeurs ci-après seront équivalentes à celles qu'il obtient lorsqu'il est en repos depuis plusieurs jours (ou du moins n'en seront pas significativement différentes) :

- Qualité et durée du sommeil
- Performance en conduite
- Vigilance subjective

Étant donné que la performance et la vigilance varient au cours de la journée, on considérera qu'un conducteur aura récupéré lorsque sa performance et sa vigilance seront équivalentes à sa performance et à sa vigilance en période de repos, mesurées au même moment de la journée.

Il ressort de la recherche documentaire que 1) les facteurs circadiens et les jours/nuits consécutifs de conduite sont les principaux facteurs qui influent sur la fatigue; 2) parmi les différences individuelles, l'âge est la principale variable qui peut influer sur la fatigue et la récupération ultérieure. Il va de soi que toutes les conditions d'essai doivent induire un certain degré de fatigue, puis établir l'efficacité des options de récupération en fonction du degré de fatigue. Comme à la fois la fatigue et la récupération sont influencées par les rythmes circadiens, ces derniers sont de première importance dans la mise au point des protocoles expérimentaux. Étant donné que l'âge est une variable individuelle critique, chaque étude devrait comprendre un nombre suffisant de sujets pour que des comparaisons puissent être faites selon l'âge.

Un certain nombre de protocoles expérimentaux sont présentés ci-dessous. Ils comprennent des études épidémiologiques, en laboratoire et sur le terrain. Comme

nous l'avons vu, diverses approches peuvent être utilisées pour évaluer la récupération. Mais, il est clair, à la lumière de la recherche documentaire et de ce que nous savons de l'acceptabilité des résultats de recherche aux yeux de l'industrie et des organismes de réglementation, que l'étude doit prendre la forme d'une évaluation des conducteurs sur le terrain. Par le passé, les études sur le terrain sont celles qui ont eu le plus d'influence. Certes, les études en laboratoire offrent l'avantage de la rigueur et elles permettent de contrôler un large éventail de facteurs susceptibles d'influencer les résultats. Mais ces études sont forcément artificielles, en regard des stresseurs présents dans l'industrie du transport routier – notamment des dangers associés à la véritable tâche de conduite et au fait de se trouver au volant d'une semi-remorque pendant plusieurs jours et plusieurs heures par jour, et des efforts faits pour concilier récupération et obligations familiales et sociales. Il n'en demeure pas moins que les expériences en laboratoire qui clarifient des questions qui se posent sur le terrain sont précieuses scientifiquement et qu'elles peuvent aider à planifier les expériences sur le terrain. C'est pourquoi nous avons pris le parti de considérer les études en laboratoire comme un moyen soit de répondre à des questions précises qui nécessitent un contrôle rigoureux, soit d'établir les différences individuelles qui peuvent servir de prédicteurs de la récupération en situation réelle. L'importance de ces facteurs serait alors validée au cours d'études sur le terrain. Pour cette raison, l'option de base est une étude sur le terrain, et c'est cette option qui est décrite la première. Des variantes de cette option sont par la suite présentées tour à tour.

9.2 Hypothèses à vérifier

Voici les hypothèses que permettront de vérifier les huit options :

1. Options 1, 2 et 3 : Une période de conduite de nuit suivie d'une autre période de conduite de nuit nécessite une période de récupération plus longue qu'une période de conduite de jour suivie d'une autre période de conduite de jour. Passer de la conduite de nuit à la conduite de jour nécessite une période de récupération intermédiaire.

2. Option 4 : Une pause-sommeil obligatoire de deux heures entre minuit et 6 h (un des éléments proposés pour les programmes de gestion de la fatigue) raccourcit le temps nécessaire à la récupération après une période de conduite de nuit mieux que ne le fait une courte sieste ou l'absence de sieste.

3. Option 5 : Les conducteurs qui se perçoivent eux-mêmes comme ayant de la difficulté à conduire de nuit et à récupérer ont besoin de périodes de récupération plus longues.

4. Option 6 : Les conducteurs qui dorment d'une seule traite pendant une période de conduite ont besoin de moins de temps de récupération que les conducteurs dont le sommeil est morcelé. Cet effet est plus prononcé si la période de récupération vient après la conduite de nuit que si elle vient après la conduite de jour.

5. Option 7 : Plus la période de travail est courte, plus la période nécessaire pour récupérer sera courte.

6. Option 8 : Plus les périodes de récupération sont courtes, plus la proportion de conduite de nuit est élevée, plus les heures de travail sont longues et plus la période sans sommeil s'allonge, plus le risque d'accident est grand.

Nous proposons de vérifier les hypothèses 1 et 2 par des études sur le terrain, les hypothèses 3, 4 et 5 par des études en laboratoire, et l'hypothèse 6 par une étude épidémiologique (groupe expérimental et groupe témoin).

9.3 Option 1 : Étude sur le terrain chez des conducteurs de nuit (plan de base)

Le postulat derrière cette étude sur le terrain est que l'effet de périodes de récupération de durée variable doit être évalué après un horaire de travail ordinaire, mais exigeant. Les détails relatifs à l'horaire de travail et aux périodes de récupération seront déterminés plus tard, en fonction des réponses à notre questionnaire sur la charge de travail et la récupération des conducteurs, et des commentaires formulés par les intervenants de l'industrie. Les paramètres présentés ici reflètent notre compréhension des normes de l'industrie et de la documentation.

9.3.1 Plan d'expérience

Le plan d'expérience sera un plan à mesures répétées à trois groupes, selon lequel la fatigue sera mesurée dans trois groupes de conducteurs, au cours de quarts consécutifs de conduite de nuit, suivis de trois périodes de récupération de durée différente. Une période de travail suivra la période de récupération.

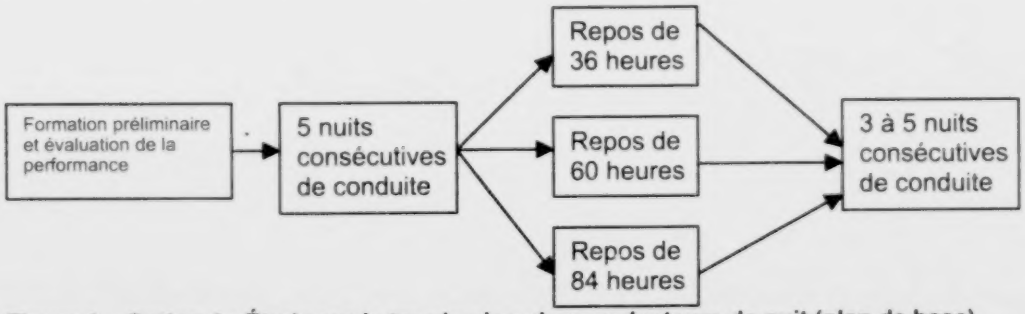


Figure 1 Option 1 : Étude sur le terrain chez des conducteurs de nuit (plan de base)

9.3.2 Justification

Le temps de récupération varie systématiquement. Cette période de récupération de durée variable est suivie d'une période de travail, ce qui doit permettre d'évaluer l'adéquation de la période de récupération. Si cette dernière a permis une récupération complète, la détérioration de la performance observée durant le deuxième cycle de travail devrait être semblable à celle observée au cours du premier cycle de travail. Si la récupération est incomplète après la période de récupération, la performance devrait commencer à se détériorer plus tôt au fil des périodes consécutives de conduite du deuxième cycle de travail qu'au cours du premier, et cette détérioration devrait être plus marquée.

Le plan de base décrit ci-dessus débute par une période de formation préliminaire, qui permet aux conducteurs de se familiariser avec les outils d'évaluation de la performance (présentés plus loin). Pour que les conducteurs entreprennent l'étude

frais et dispos, ils devront avoir eu un horaire de jour durant au moins une semaine et avoir satisfait à leurs besoins de sommeil journalier, et avoir eu au moins trois jours de repos, immédiatement avant la période de travail.

Durant les trois jours de repos, les conducteurs recevront une formation sur les mesures de la performance et autres évaluations (mesures subjectives en cours de trajet). La durée du sommeil au cours de la période précédant immédiatement la conduite sera enregistrée à l'aide d'un actigraphe.

Le nombre de cinq nuits (définies comme un minimum de quatre heures de conduite entre 22 h et 6 h) a été retenu parce qu'il s'agit d'une période de travail relativement courante et qu'il est de nature à maximiser la fatigue engendrée par des conditions opérationnelles normales. De plus, le nombre de cinq nuits de conduite (à quelque 10 à 12 heures par nuit) respecte les règles sur les heures de service en vigueur au Canada. Si les horaires de travail types vont à la limite des heures autorisées, il pourrait être nécessaire de ramener à quatre le nombre de nuits de conduite. Toute décision devrait être prise avant que l'étude commence, de façon que tous les groupes soient uniformes à cet égard.

Les périodes de récupération choisies représentent une gamme normale de périodes de repos. La période de repos de 36 heures à la fin d'une dernière nuit de conduite permettrait aux conducteurs de dormir le jour et la nuit, pendant ces 36 heures, avant de retrouver le même horaire de conduite de nuit. Cette période de récupération de 36 heures a également été choisie parce qu'elle constitue la période de récupération minimale recommandée dans le projet de règlement. Des périodes de repos de 60 et 84 heures permettraient aux conducteurs de dormir une et deux nuits de plus, respectivement, avant de reprendre la conduite de nuit. (Il convient de noter qu'une fin de semaine normale pour un travail de 9 h à 17 h donne un repos de 64 heures et trois nuits de sommeil.) Ainsi, les conducteurs qui participeraient à cette étude auraient la possibilité de dormir une, deux ou trois nuits. N'eut été l'étude de Balkin et coll. (2000), la variable «période de récupération» n'aurait pris que deux valeurs : 36 et 60 heures. Mais l'étude de Balkin et coll. a examiné la récupération à la suite d'une conduite de jour après trois, cinq, sept et neuf heures passées au lit. Et elle a révélé que deux nuits de sommeil ne garantissaient pas toujours une récupération complète après des périodes de privation de sommeil partielle. Étant donné que les travailleurs de quarts et les conducteurs de véhicules utilitaires déclarent dormir seulement cinq à six heures par période de 24 heures lorsqu'ils sont affectés principalement à des quarts de nuit, cela laisse penser, d'après l'étude de Balkin et coll., que la récupération n'est pas toujours complète, même après 60 heures. Par conséquent, il est recommandé de prévoir une condition de 84 heures.

La période de travail suivant la période de récupération devrait comprendre au moins trois nuits et au plus cinq nuits. Si la période de récupération a permis une récupération complète, la détérioration de la performance observée au cours de la deuxième série de cinq quarts de nuit devrait être semblable à celle observée au cours des cinq premières nuits. En cas de récupération complète, une période de trois nuits peut être suffisante pour mettre en évidence une détérioration équivalente de la performance au cours de la première et de la deuxième série de quarts de nuit. De même, en l'absence des signes d'une récupération complète, la période de travail n'aura pas besoin d'être longue pour démontrer que seulement une récupération partielle a eu lieu. Idéalement, la deuxième période de conduite devrait comporter cinq

nuits, mais il faut reconnaître que si la récupération est incomplète, la conduite prolongée peut être dangereuse. Cette plage de trois à cinq nuits permet aux conducteurs de se retirer de l'étude si la fatigue devient une menace à la sécurité, et il faut les encourager à le faire.

Dans cette option et dans toutes les autres, la sécurité des conducteurs est primordiale. D'un point de vue éthique, le processus de consentement éclairé indiquera clairement aux conducteurs qu'ils demeurent libres de s'écarter des conditions de l'étude ou de s'en retirer en tout temps. Leur sécurité doit être le premier critère de leurs décisions de conduire/se reposer.

9.3.3 Conducteurs

Dans cette étude, les caractéristiques démographiques des conducteurs (type de permis de conduire, années d'expérience, expérience de la conduite de nuit, autoperception de l'adaptabilité au travail de nuit, etc.) serviront de covariables, le but étant de déterminer le lien entre ces caractéristiques et la récupération. Étant donné que l'âge est une variable (différence individuelle) importante, les groupes seront équilibrés ou stratifiés par catégorie d'âge. Idéalement, les populations de conducteurs qui participeront volontairement à cette étude seront stratifiés selon quatre groupes d'âge : moins de 30 ans, 30 à 39 ans, 40 à 49 ans et 50 ans et plus. Si cette stratification est impossible, on utilisera quand même l'âge comme covariable.

9.3.4 Mesures

Cette étude permet des mesures subjectives, des mesures objectives de réaction comportementale et des mesures de la conduite. Elle doit comporter au moins des mesures subjectives et objectives de la fatigue et du sommeil.

Des évaluations subjectives de la fatigue, de la somnolence et de la durée et de la qualité du sommeil seront faites et consignées dans des agendas. Toutes les périodes de sommeil seront enregistrées. La fatigue (manque d'intérêt à continuer à travailler) et la somnolence (tendance à tomber endormi) seront toutes les deux mesurées. Comme les conducteurs travailleront la nuit, la fatigue et la somnolence seront évaluées au début, au milieu et à la fin de chaque quart. Pour que le moment du jour soit pris en compte, des fenêtres de deux heures seront probablement définies pour les évaluations du début de la conduite de nuit. Ces fenêtres de deux heures seront séparées l'une de l'autre par des intervalles de deux à trois heures. De cette façon, on évitera que des mesures faites à une minute d'intervalle, d'un groupe à l'autre, tombent dans des phases circadiennes différentes. Les fenêtres seront les mêmes pour toutes les conditions, ce qui permettra les comparaisons, et les mesures seront prises seulement durant les périodes où les conducteurs seront éveillés. Ces fenêtres iront de 3 h à 5 h (petit matin et creux circadien), de 9 h à 11 h (milieu de la matinée), de 13 h à 15 h (creux d'après-dîner), de 18 h à 20 h (sommet circadien) et de 22 h à minuit (soirée avancée). Chez les conducteurs de nuit, les mesures ne seront probablement pas prises pendant les périodes de 9 h à 11 h et de 13 h à 15 h.

Les mesures objectives devraient comporter à tout le moins une évaluation actigraphique des cycles veille-sommeil. Les données actigraphiques pourraient être recueillies pendant toute la durée de l'expérience. Les évaluations comportementales devraient comprendre le test psychomoteur de la vigilance (PVT), étant donné que ce dernier a été utilisé dans de nombreuses études antérieures et qu'il sera utilisé aux fins

de l'étude *Évaluation d'un programme de gestion de la fatigue nord-américain pour les transporteurs routiers*. De plus, l'«OSPAT», un test informatisé, devrait être envisagé. Celui-ci a servi dans une étude australienne sur les siestes chez des conducteurs de train. Il s'agit d'une simple tâche de suivi visuo-moteur qui exige une coordination main-œil et mesure le temps de réaction et la vigilance. Les sujets doivent replacer au centre d'une cible circulaire un curseur qui se déplace de façon aléatoire. Ces deux tests comportementaux devraient être administrés en même temps que les évaluations de la fatigue et de la somnolence, à chaque quart.

Cette étude devrait également comprendre des mesures de la performance en conduite. La mesure objective de performance qui s'est révélée la plus sensible à la somnolence est la valeur d'écart type des déviations de trajectoire. La principale difficulté que pose cette mesure est qu'elle est sensible à la géométrie de la route et au type de véhicule. Dans l'étude canado-américaine de Wylie et coll. (1997), les comparaisons touchant la durée des quarts aux États-Unis et au Canada (dix heures par rapport à treize heures) ont été faussées par les différences dans les trajets et les types de véhicules, qui étaient vraisemblablement à l'origine des résultats inattendus associés au maintien de la trajectoire. Dans l'étude qui est proposée, ce problème serait écarté dans la mesure où les conducteurs effectueraient les mêmes trajets, et où des comparaisons intra-sujets pourraient être faites à savoir si une période de récupération donnée a entraîné une récupération complète ou non.

Une autre mesure de la performance qui offre une très grande validité apparente et qui a servi dans des études antérieures sur le terrain (Hanowski, Wierwille, Gellatly, Early et Dingus, 2000) consiste en l'analyse des bandes vidéo qui montrent les trois minutes avant le début d'un incident critique. Un incident a été défini comme un mouvement du volant dépassant un certain seuil, d'après les conducteurs ou les analystes. Les analystes enregistraient les mouvements des yeux et la proportion du temps durant lequel les yeux du conducteur étaient fermés ou partiellement fermés ou quittaient la route au cours de ces intervalles de trois minutes. Étant donné que le nombre d'incidents critiques dont les conducteurs étaient responsables atteignait en moyenne 1,8 par conducteur en deux semaines de conduite, des mesures plus soutenues de la performance en conduite seront nécessaires, comme les déviations de trajectoire.

Les mesures comportementales subjectives et objectives devraient également être prises durant les périodes de récupération, et ce, à la même heure que pendant les jours de conduite, si ce n'est la période de 2 h à 5 h, pendant laquelle les conducteurs dormiront durant leurs jours de récupération.

Les mesures physiologiques sont peu pratiques et ne semblent pas recommandables. Mais le groupe d'experts pourra examiner la question et il se peut que les intervenants soient en faveur de telles mesures objectives physiologiques. La principale raison pour ne pas recommander l'utilisation de mesures physiologiques est que la mesure idéale du rythme circadien est la température corporelle. Les mesures idéales de la somnolence sont l'EEG et la fermeture des yeux. Or, aucune de ces mesures n'est facile à prendre durant une étude sur le terrain. Par ailleurs, des mesures précises de la température corporelle sont dérangeantes et l'analyse de l'EEG et de la fermeture des yeux (PERCLOS) nécessite beaucoup de ressources.

9.4 Option 2 : Variante de l'étude sur le terrain – Conducteurs de nuit qui passent à la conduite de jour

Cette étude repose essentiellement sur les mêmes postulats que l'option 1. La principale différence est que la deuxième série de quarts de conduite aura lieu le jour plutôt que la nuit. Ce passage à la conduite de jour est fondé sur le postulat que les tâches de conduite seront équitablement réparties dans les entreprises entre la conduite de jour et la conduite de nuit et/ou que les conducteurs passeront vraisemblablement d'une période de conduite de nuit à une période de conduite de jour. Si l'on considère le rythme circadien, qui s'est révélé dans le passé être le facteur ayant la plus forte influence sur la fatigue, on peut raisonnablement supposer que l'adaptation à la conduite de jour sera plus facile que l'inverse, étant donné que les conducteurs de nuit adopteront un horaire de jour pendant leur période de repos à la maison, et qu'ils seront ainsi acclimatés, en quelque sorte, à la conduite de jour. Par ailleurs, malgré leurs quarts de nuit, les conducteurs demeureront sensibles à l'influence des synchroniseurs environnementaux, et la plupart d'entre eux n'inverseront pas leur rythme circadien pour le synchroniser à un horaire de nuit. Le même plan d'expérience de base est proposé mais, en raison du passage de la conduite de nuit à la conduite de jour, les périodes de récupération proposées sont plus courtes. Bien sûr, les paramètres pourront être modifiés en fonction des réponses au questionnaire sur la fatigue et la récupération des conducteurs, et des résultats de l'atelier.

9.4.1 Plan d'expérience

Le plan d'expérience de base sera un plan à mesures répétées à trois groupes, selon lequel la fatigue sera mesurée dans trois groupes de conducteurs, au cours de quarts consécutifs de conduite de nuit, suivis de trois périodes de récupération de durée différente. Une période de travail suivra la période de récupération.

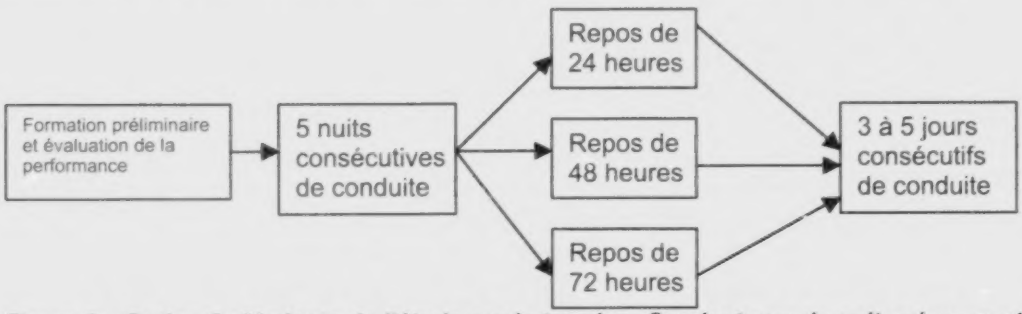


Figure 2 Option 2 : Variante de l'étude sur le terrain – Conducteurs de nuit qui passent à la conduite de jour

9.4.2 Justification

La seule variable qui est manipulée est le temps alloué aux conducteurs pour récupérer. Cette période de récupération de durée variable est suivie d'une période de travail, ce qui doit permettre d'évaluer l'adéquation de la période de récupération. En raison des doutes que l'on peut avoir quant à l'adéquation d'une période de récupération de 24 heures après cinq nuits de conduite, nous proposons qu'une telle période de récupération ne soit incluse dans l'étude que si le questionnaire sur la fatigue et la récupération des conducteurs révèle qu'il s'agit d'une pratique courante chez les conducteurs. De plus, si la condition de la période de récupération de

24 heures est retenue, l'horaire doit être conforme aux règles sur les heures de service. Il pourrait être difficile de trouver des conducteurs dont l'horaire permet cinq nuits de conduite, suivies d'un repos de 24 heures et d'autres périodes de conduite, et ne viole pas le règlement.

Comme dans l'option 1, nous proposons une période de formation préliminaire, qui permettra aux conducteurs de se familiariser avec les outils d'évaluation de la performance. Le nombre de cinq nuits initiales (définies comme un minimum de 4 heures de conduite entre 22 h et 6 h) a été retenu parce qu'il s'agit d'une période de travail relativement courante et qu'il est de nature à maximiser la fatigue engendrée par des conditions opérationnelles normales. De plus, le nombre de cinq nuits de conduite (à quelque 10 à 12 heures par nuit) respecte les règles sur les heures de service en vigueur au Canada. Les résultats au questionnaire sur la fatigue et la récupération des conducteurs serviront à déterminer les durées normales des quarts de nuit. Pour que les conditions expérimentales reflètent les heures de travail normales, il se peut qu'il faille ramener à quatre le nombre de nuits de conduite pour respecter le règlement.

Les périodes de récupération choisies représentent une gamme normale de périodes de repos. Le repos de 24 heures à la fin d'une dernière nuit de conduite permettrait aux conducteurs de dormir le jour et de dormir aussi la nuit, quoique peut-être moins, selon l'heure du début de leur quart, le matin suivant. Cette période de récupération de 24 heures a également été choisie parce que c'est la durée minimale à laquelle on doit s'attendre, car elle comprend deux périodes de sommeil et qu'une de ces périodes tombe la nuit. Un tel horaire de sommeil pourrait favoriser le retour aux rythmes circadiens diurnes normaux. Les repos de 48 et 72 heures permettraient aux conducteurs de dormir une et deux nuits de plus, respectivement, avant de reprendre la conduite de jour. Ce plan suppose que les conducteurs de nuit reviennent naturellement à la conduite de jour et qu'ils pourraient alors être en mesure de s'adapter plus rapidement que les travailleurs de nuit reprenant la conduite de nuit après une période de récupération, et qu'ils ont donc besoin d'une période de récupération moins longue.

La période de conduite de jour suivant la période de récupération devrait comprendre au moins trois jours et au plus cinq jours. Comme les conducteurs auront tendance à se resynchroniser avec les rythmes circadiens normaux, on peut penser que quelques jours de conduite (par opposition à des nuits de conduite) suffiront pour attester une récupération complète. Évidemment, la démonstration sera plus convaincante au bout d'une période plus longue (p. ex., cinq jours).

9.4.3 Conducteurs

Les caractéristiques des conducteurs seront les mêmes que dans l'option 1.

9.4.4 Mesures

Les mesures subjectives, les mesures objectives de réaction comportementale et les mesures de la conduite seront similaires à celles de l'option 1, sauf quelques exceptions. Comme les conducteurs conduiront d'abord la nuit, les mesures subjectives et les mesures comportementales seront prises de la même façon que dans l'option 1, c.-à-d. au début, au milieu et à la fin de la nuit de conduite, dans des fenêtres allant de 18 h à 20 h, de 22 h à minuit et de 3 h à 5 h, dans la mesure du

possible. Les jours de récupération, des mesures similaires devraient être prises dans les fenêtres de 18 à 20 h et de 22 h à minuit, autant que possible. Pendant la période de la conduite de jour suivant la période de récupération, les mesures devraient être prises au début, au milieu et à la fin du quart et, si possible, dans la soirée. Les mesures du matin, de l'après-midi et du soir devraient être faites, autant que possible, de 9 h à 11 h, de 13 h à 15 h et de 18 h à 20 h.

9.5 Option 3 : Variante de l'étude sur le terrain – Conducteurs de jour qui continuent de conduire le jour

Cette étude repose essentiellement sur les mêmes postulats que les options 1 et 2, mais pour la conduite de jour uniquement. Actuellement, le règlement sur les heures de service ne fait pas de distinction entre la conduite de jour et la conduite de nuit, mais la documentation montre que la conduite de nuit est plus critique. Le but ici est d'examiner la durée maximale de travail autorisée en vertu du règlement actuel sur les heures de service, mais en perturbant le moins possible les rythmes circadiens. L'option 3 prévoit donc une «exposition» journalière maximale au travail, mais élimine l'effet circadien en ne prenant en considération que la conduite de jour.

Le plan d'expérience est le même que le plan de base, mais seulement deux périodes de récupération sont prévues – 36 heures et 60 heures – et uniquement la conduite de jour.

9.5.1 Plan d'expérience

Le plan d'expérience sera un plan à mesures répétées à deux groupes, selon lequel la fatigue sera mesurée dans deux groupes de conducteurs, au cours de quarts consécutifs de conduite de jour, suivis de deux périodes de récupération de durée différente. Une période de travail suivra la période de récupération.

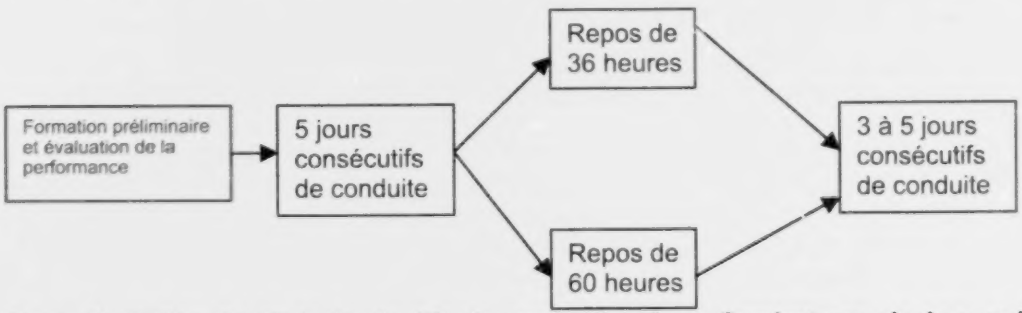


Figure 3 Option 3 : Variante de l'étude sur le terrain – Conducteurs de jour qui continuent à conduire le jour

9.5.2 Justification

Les périodes de récupération choisies représentent une gamme normale de périodes de repos. Le repos de 36 heures après une dernière journée de conduite permettrait aux conducteurs de dormir deux nuits normales et de faire des siestes s'ils le désirent. Le repos de 60 heures permettait aux conducteurs de dormir une nuit de plus avant de reprendre la conduite de jour.

Comme les conducteurs seront synchronisés avec les rythmes circadiens normaux, il faudra probablement moins de jours de conduite, après la récupération, pour

démontrer une récupération complète et durable. Évidemment, la démonstration sera plus convaincante au bout d'une période plus longue (p. ex., cinq jours).

9.5.3 Conducteurs

Les caractéristiques des conducteurs seront les mêmes que dans l'option 1.

9.5.4 Mesures

Les mesures subjectives, les mesures objectives de réaction comportementale et les mesures de la conduite seront similaires à celles de l'option 1, sauf quelques exceptions. Comme les conducteurs conduiront d'abord le jour, les mesures subjectives et les mesures comportementales seront prises à des heures qui coïncident avec certaines périodes proposées dans l'option 1. Les mesures seraient prises au début, au milieu et à la fin de la conduite de jour, autant que possible dans les fenêtres de deux heures suivantes : de 7 h à 9 h, de 13 h à 15 h et de 18 h à 20 h. Les jours de récupération, les mesures seront prises dans les mêmes fenêtres de deux heures. Si l'une ou l'autre des options précédentes est choisie, ces plages horaires permettront une comparaison avec la plage horaire de la conduite de nuit de 18 h à 20 h.

9.6 Option 4 : Étude sur le terrain de la conduite de nuit, avec une sieste de deux heures et aucune sieste

Cette étude comprend une intervention qui est proposée comme élément des programmes de gestion de la fatigue. Cette intervention consiste en une sieste de deux heures, faite entre minuit et 6 h. La présente option vise à déterminer si une telle sieste diminue la durée de la période de récupération nécessaire. Cette étude repose essentiellement sur les mêmes postulats que les options 1 et 3.

9.6.1 Plan d'expérience

Le plan d'expérience est un plan mixte à mesures répétées à deux (deux heures de sieste ou aucune sieste) X trois (période de récupération) groupes, selon lequel la fatigue sera mesurée dans trois groupes de conducteurs au cours de quarts consécutifs de conduite, suivis par trois périodes de récupération de durée différente. La moitié de chaque groupe aura une sieste de deux heures, tandis que l'autre moitié n'aura pas cette pause à son horaire, ce qui n'empêchera pas les conducteurs de faire une sieste s'ils ont l'habitude d'en faire une. Cette approche est importante du point de vue de l'éthique et de la sécurité. Pour faire en sorte de retrouver dans la condition «sans sieste» des conducteurs qui ne font pas de sieste ou qui en font des beaucoup plus courtes que les conducteurs de la condition «avec sieste», il sera important de sélectionner des conducteurs qui déclarent conduire la nuit sans normalement faire de sieste. À tous les autres points de vue, les critères de sélection des conducteurs et les mesures sont les mêmes que dans l'option 1.

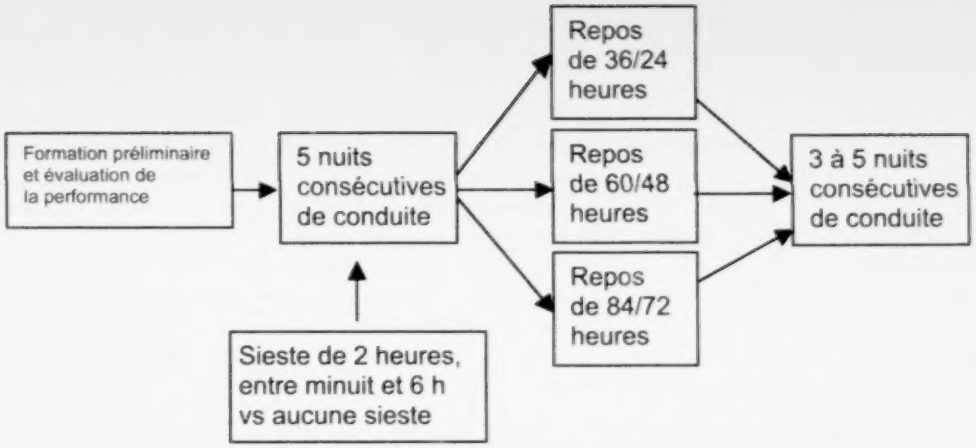


Figure 4 Option 4 : Variante de l'étude sur le terrain – Sieste de deux heures ou aucune sieste

9.6.2 Conducteurs

Les caractéristiques des conducteurs seront les mêmes que dans l'option 1, si ce n'est que pour les raisons évoquées ci-dessus, on sélectionnera des conducteurs qui n'ont pas l'habitude de faire une sieste durant leur quart de nuit.

9.6.3 Mesures

Les mesures subjectives, les mesures objectives de réaction comportementale et les mesures de la conduite seront les mêmes que dans l'option 1.

9.7 Protocole 5 : Étude en laboratoire du lien entre l'autoperception de la difficulté à conduire la nuit et la récupération

Nous savons que la fatigue et la récupération sont vécues très différemment d'une personne à une autre, mais nous ne pouvons affirmer que cette autoperception est réaliste en ce qui concerne la détérioration de la performance ou la somnolence subjective. Cette option consiste, en premier lieu, à élaborer un questionnaire d'autoperception de la susceptibilité à la fatigue et à la somnolence en conduite, à utiliser ce questionnaire pour sélectionner et/ou classer les sujets selon leur degré de susceptibilité perçue, puis à vérifier la justesse de l'autoperception dans une étude en laboratoire. En prenant comme exemple la conduite de nuit, le questionnaire pourrait comprendre les critères suivants :

Autoperception de la conduite de nuit :

- Peu de difficulté à conduire la nuit
- Beaucoup de difficulté à conduire la nuit

Autoperception de la récupération :

- Peu de difficulté à récupérer après avoir conduit la nuit
- Beaucoup de difficulté à récupérer après avoir conduit la nuit

Les questions peuvent également porter sur des difficultés associées aux longs trajets ou sur le besoin de récupérer après des périodes de travail déterminées.

Les options précédentes peuvent servir à recueillir les autoperceptions de la fatigue dans des circonstances particulières. Dans toutes les options, l'autoperception de la fatigue et de la récupération devrait être prise en compte, de façon que les groupes soient mieux équilibrés. Cette variable peut également servir de covariable dans l'examen de l'effet des différentes périodes de récupération.

Si l'étude en laboratoire était menée avant les études sur le terrain, elle pourrait servir de mesure objective de la susceptibilité à la perturbation du rythme circadien et du pouvoir réparateur du sommeil, et les sujets pourraient être sélectionnés ou classés selon cette susceptibilité, au moyen de critères de sélection prédicteurs de la performance.

9.7.1 Plan d'expérience

Dans l'étude en laboratoire décrite ci-dessous, les conducteurs passent une seule nuit de privation de sommeil en laboratoire. Les sujets se présentent après avoir vaqué à leurs activités normales d'un jour de repos et reçoivent une formation sur les tâches qui seront utilisées dans l'étude en laboratoire qui suivra. Ils sont alors gardés éveillés pendant toute la nuit et leurs niveaux de fatigue et de performance sont enregistrés toutes les heures, ce qui permet d'évaluer l'effet du manque de sommeil sur les niveaux de fatigue et de performance durant les creux circadiens.

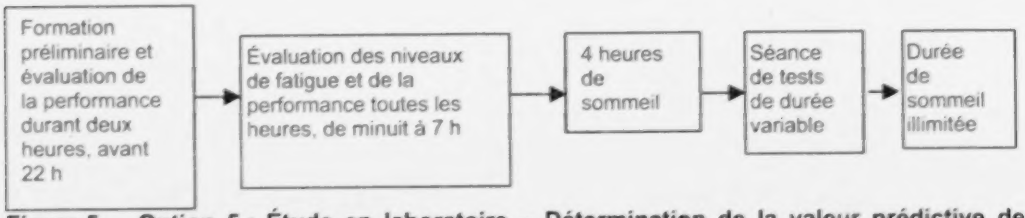


Figure 5 Option 5 : Étude en laboratoire – Détermination de la valeur prédictive de l'autoperception de la susceptibilité à la fatigue

Afin d'évaluer les différences individuelles associées au pouvoir réparateur du sommeil, il est proposé de donner aux conducteurs la possibilité de dormir après la nuit de privation de sommeil, et d'entreprendre alors une période d'évaluation continue, pendant laquelle le niveau de récupération de la performance sera évalué, de même que la durabilité de la performance.

9.7.2 Justification

Comme des études réalisées dans l'industrie du camionnage ont montré que les conducteurs de nuit ne dormaient environ que quatre à cinq heures par période de 24 heures, il est proposé d'évaluer d'abord la facilité à récupérer en réveillant les conducteurs après quatre heures de sommeil. Il est également proposé que cette période de sommeil soit suivie d'une période d'évaluation continue de la fatigue et de la performance (comme pendant la première nuit de privation de sommeil). Cette deuxième période d'évaluation pourrait durer jusqu'à 24 heures.

Il est proposé que cette séance de tests soit d'une durée variable et qu'elle prenne fin lorsqu'un certain degré de détérioration de la performance est atteint. Ainsi est-il proposé de mettre fin à la partie «récupération» de l'étude lorsqu'une détérioration de 20 p. 100 de la performance est observée par rapport à la performance mesurée au début de l'étude. Les conducteurs seront alors renvoyés chez eux (par un moyen de transport approprié) où ils pourront dormir autant qu'ils le voudront.

Pour tenir compte des effets de l'apprentissage, qui peuvent être présents même après une formation complète, la performance après le sommeil sera comparée à la meilleure performance avant le sommeil, même si cette meilleure performance n'était pas la première. De plus, le seuil de performance optimale devrait être le même durant plus d'une période de mesures, de façon à prévenir un «soubresaut» statistique artificiellement élevé dans les mesures de performance.

Une telle étude servirait à caractériser les conducteurs selon l'effet des rythmes circadiens sur leur performance et leur habileté à récupérer rapidement à la suite de périodes de privation de sommeil. Ces données seraient très utiles en ce qu'elles définiraient de façon objective la susceptibilité des conducteurs aux facteurs associés aux rythmes circadiens et à la récupération avant qu'ils deviennent sujets des études sur le terrain énumérées plus haut.

9.7.3 Conducteurs

Les caractéristiques des conducteurs seront les mêmes que dans l'option 1. Cependant, il peut être intéressant de sélectionner les conducteurs qui se perçoivent comme très susceptibles ou très peu susceptibles à la fatigue durant la conduite.

9.7.4 Mesures

Les mesures de la performance comprendront les mesures objectives qui seront utilisées dans les études sur le terrain, ainsi que les tests en laboratoire normalisés servant à évaluer la cognition et l'attention. Des mesures de la performance en simulateur de conduite peuvent aussi être prévues, auquel cas elles pourraient servir de tâche continue pour évaluer la performance au fil du temps. En procédant ainsi, la sensibilité aux variations circadiennes serait définie de façon objective.

9.8 Option 6 : Étude en laboratoire de l'effet du sommeil agrégé vs morcelé sur la récupération

Cette étude vise à étayer un conseil que donnent des programmes de gestion de la fatigue, à savoir que le sommeil agrégé ou ininterrompu est préférable au sommeil morcelé. Diverses études permettent de penser que le sommeil agrégé est bénéfique, mais aucune n'a examiné la question sur le plan de la récupération. Le but de cette option est de déterminer si le sommeil agrégé réduit la période de récupération nécessaire.

Cette étude se fonde essentiellement sur les mêmes postulats que les options 1 à 3. De façon plus spécifique, elle aidera à déterminer si une période de sommeil agrégé de huit heures, tombant à un mauvais moment (pendant une phase circadienne non propice au sommeil) est moins favorable à la récupération que deux périodes de sommeil de quatre heures synchronisées avec le rythme circadien. De plus, cette option aidera à déterminer si une seule période de sommeil de huit heures,

synchronisée avec le rythme circadien, permet une meilleure récupération que deux périodes de sommeil de quatre heures, elles aussi synchronisées avec le rythme circadien.

9.8.1 Plan d'expérience

Le plan d'expérience sera un plan mixte à mesures répétées à deux (conditions «sommeil» : morcelé ou agrégé) X deux (moment du sommeil : favorable ou défavorable) X trois (période de récupération) groupes, selon lequel trois groupes de conducteurs sont suivis pendant cinq jours/nuits de conduite, suivis de trois périodes de récupération de durée variable (c.-à-d. un repos de 36, 60 ou 84 heures). Une période de conduite de trois à cinq jours/nuits suivra la période de récupération.

Les comparaisons qui peuvent être établies sont l'effet du sommeil agrégé vs morcelé sur la récupération à la suite de la conduite de nuit, et l'effet du sommeil agrégé vs morcelé sur la récupération à la suite de la conduite de jour.

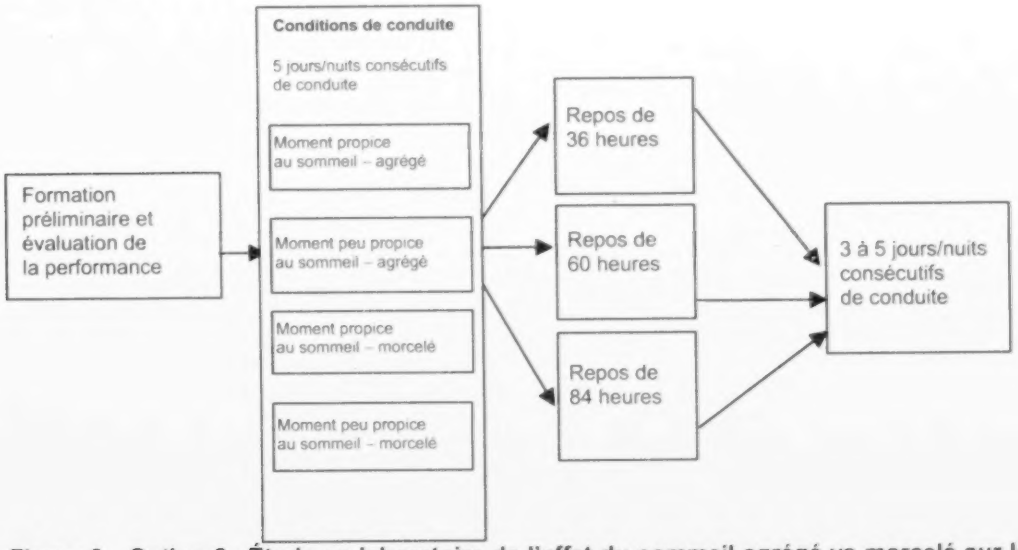


Figure 6 Option 6 : Étude en laboratoire de l'effet du sommeil agrégé vs morcelé sur la récupération

9.8.2 Justification

Le plan d'expérience est un plan mixte à mesures répétées. Le moment et le type de sommeil (c.-à-d. un horaire propice ou peu propice au sommeil), et le moment de la conduite varieront, de même que la durée de la période de récupération. Les quatre conditions du sommeil résultent de la combinaison du moment du sommeil (propice et peu propice), et du type de sommeil (agrégé vs morcelé). Les voici : condition 1 – moment propice au sommeil, sommeil agrégé; condition 2 – moment propice au sommeil, sommeil morcelé; condition 3 – moment peu propice au sommeil, sommeil agrégé; condition 4 – moment peu propice au sommeil, sommeil morcelé. Dans la mesure du possible, on utilisera pour mesurer la performance les mêmes méthodes que celles proposées pour les études sur le terrain.

Les conducteurs participeront à une «séance de conduite» de douze heures (temps passé dans un simulateur de conduite et participation à des mesures objectives et subjectives de la fatigue) durant chacun des cinq jours. Pour que l'étude ne soit pas faussée par des durées de sommeil différentes, le temps passé au lit (maximum de huit heures) sera le même pour chacune des quatre conditions durant les cinq jours de conduite. Les conducteurs auront chaque jour 12 heures de repos au *total* (dont huit heures au lit) durant chacun des cinq jours. Le tableau 2 présente les heures de repos totales des conducteurs, de même que leurs heures de sommeil et leurs heures de conduite.

Tableau 2 Heures de sommeil, de conduite et de repos – Option 6

	Condition 1 : Moment propice au sommeil - Agrégé	**Condition 2 : Moment propice au sommeil - Morcelé**	**Condition 3 : Moment peu propice au sommeil - Agrégé**	**Condition 4 : Moment peu propice au sommeil - Morcelé**
Heures de repos totales (y compris les heures de sommeil)	10 h – 22 h	1 h – 7 h 13 h – 19 h	9 h – 21 h	10 h – 16 h 21 h – 3 h
Heures de sommeil *(max. 8 heures)*	0 h – 8 h	2 h – 6 h 14 h – 18 h	11 h – 19 h	11 h – 15 h 22 h – 2 h
Heures de conduite *(12 heures)*	10 h – 22 h	7 h – 13 h 19 h – 2 h	21 h – 9 h	16 h – 21 h 3 h – 10 h

Il est important de remarquer que les heures du tableau 2 s'appliquent aux sujets qui dorment normalement de minuit à 8 h . Ces heures peuvent être modifiées pour les personnes du type du matin («alouettes») et du soir («hiboux»). Par exemple, un sujet qui dort normalement de 22 h à 6 h pourrait avoir un horaire de sommeil qui débute deux heures plus tôt que celui montré au tableau 2. De même, un sujet qui dort normalement de 2 h à 10 h pourrait avoir un horaire qui débute deux heures plus tard.

Les conducteurs de chaque condition auront une période de récupération de 36, 60 ou 80 heures. Celle-ci sera suivie par une période de travail constituée d'au moins trois et au plus cinq jours/ nuits.

9.8.3 Conducteurs

Les caractéristiques des conducteurs seront les mêmes que dans l'option 1.

9.8.4 Mesures

Les mesures subjectives et les mesures objectives de réaction comportementale des options 1 à 3 seront reprises dans cette étude, qui comportera en outre des mesures de la performance dans un simulateur de conduite. Ces dernières mesures dépendront en partie du simulateur de conduite retenu. Idéalement, la mesure de la performance qui, parmi celles utilisées dans les options 1 à 3, s'est révélée le plus fiablement influencée par la somnolence, soit les déviations de trajectoire, devrait être utilisée. En outre, comme dans les options 1 à 3, l'analyse des vidéos des trois minutes précédant le début d'un incident critique peut être envisagée.

Outre les mesures subjectives, les mesures objectives de réaction comportementale et les mesures de la performance en conduite des options 1 à 3, des mesures physiologiques sont recommandées. Étant donné que cette étude se déroulera en laboratoire, on pourra avoir recours aux mesures idéales du rythme circadien et du sommeil, à savoir : température corporelle, niveaux d'hormones et enregistrements polysomnographiques. La phase du synchroniseur circadien endogène peut être évaluée par un bilan hormonal sanguin. Le prélèvement sanguin peut être fait pendant que les sujets dorment, à l'aide d'un cathéter permanent. Le sang recueilli permettra d'établir les niveaux de cortisol plasmatique et de mélatonine plasmatique. De plus, l'urine peut également servir à mesurer la concentration de 6-sulphatoxymélatonine. La température corporelle peut être prise toutes les minutes tout au long de l'expérience, à l'aide d'un thermomètre rectal.

9.9 Option 7 : Étude en laboratoire de l'effet du sommeil agrégé vs morcelé sur la récupération, après de courtes périodes de conduite

Cette option est identique à l'option 6, sauf que les sujets conduisent pendant une période plus courte, soit trois jours. Le but est de déterminer si des périodes de conduite plus courtes peuvent s'accommoder de périodes de récupération plus courtes. Selon la littérature sur la performance, des pauses fréquentes et de courte durée sont préférables à des longues pauses espacées et de longue durée. Si les options 6 et 7 sont toutes deux retenues, leur combinaison aidera à déterminer si le temps de récupération nécessaire est à la mesure de la période sur laquelle s'étend un horaire donné.

9.9.1 Plan d'expérience

Le plan d'expérience sera un plan mixte à mesures répétées à deux (conditions du sommeil : morcelé ou agrégé) X deux (moments du sommeil : propice, peu propice) X trois (période de récupération) groupes, selon lequel trois groupes de conducteurs seront suivis au cours de trois jours/nuits de conduite, suivis de trois périodes de récupération de durée variable (c.-à-d. un repos de 36, 60 ou 84 heures). Une période de conduite de trois jours/nuits suivra la période de récupération.

Les comparaisons qui peuvent être établies sont l'effet sur la récupération du sommeil agrégé vs morcelé à la suite de courtes périodes de conduite de nuit, et l'effet sur la récupération du sommeil agrégé vs morcelé à la suite de courtes périodes (trois jours) de conduite jour/nuit, par opposition, dans les deux cas, à des périodes de conduite de jour/nuit plus longues (cinq jours). Il est possible de limiter cette étude à la condition du sommeil morcelé, et de comparer le temps de récupération nécessaire après cinq jours/nuits de conduite avec le temps de récupération nécessaire après trois jours/nuits de conduite.

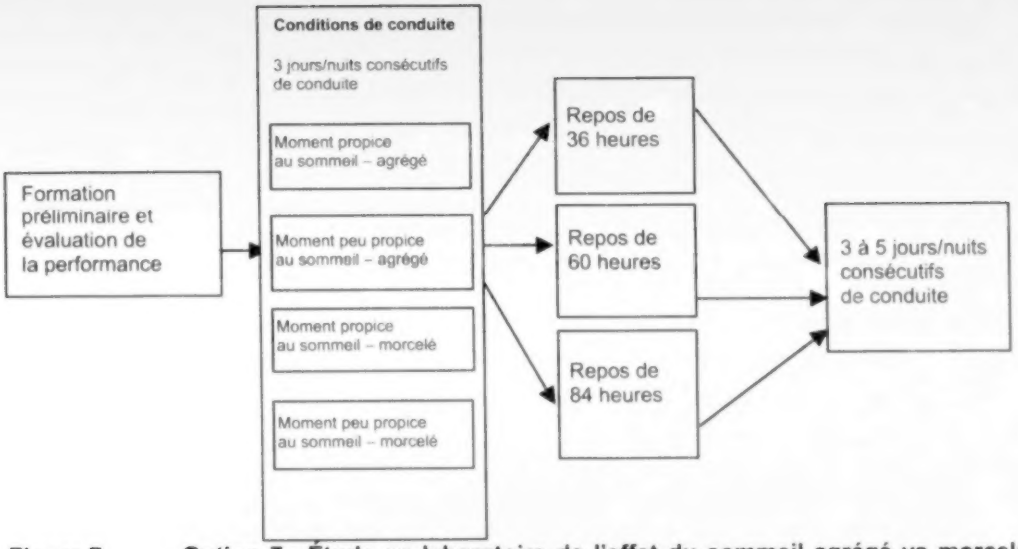


Figure 7 **Option 7 : Étude en laboratoire de l'effet du sommeil agrégé vs morcelé sur la récupération, après de courtes périodes de conduite**

9.9.2 Conducteurs

Les caractéristiques des conducteurs seront les mêmes que dans l'option 1.

9.9.3 Mesures

Les mesures seront les mêmes que dans l'option 6.

9.10 Option 8 : Étude épidémiologique de l'effet de l'horaire et de la période de récupération sur le risque d'accident

La dernière étude proposée consiste en une étude épidémiologique cas-témoin similaire à celle de Jones et Stein (1987). Les données sur les horaires seront recueillies auprès de 200 conducteurs de camions impliqués dans des accidents et auprès d'un échantillon témoin de même taille. Les données sur les horaires sont les suivantes :

- heures de travail depuis la dernière période de repos de 24 heures
- heures de travail depuis la dernière période de sommeil de huit heures
- heures totales depuis la dernière période de repos de 24 heures
- heures totales depuis la dernière période de sommeil de huit heures
- pourcentage des heures de travail qui tombaient entre minuit et 6 h depuis la dernière période de repos de 24 heures
- durée de la dernière période de récupération (minimum de 24 heures)

Chaque conducteur impliqué dans un accident sera apparié à un conducteur témoin. Les conducteurs témoins seront des conducteurs qui conduisent un véhicule de même type (par ex., semi-remorque, porteur isolé), que les conducteurs du groupe «expérimental», sur le même tronçon de route, le même jour de la semaine et à la même heure, à deux heures près, où est survenu l'accident. Une analyse de

régression multiple sera effectuée afin de déterminer le lien entre les heures de travail depuis la dernière période de repos de 24 heures, le pourcentage des heures de travail de nuit et la durée de la dernière période de récupération, d'une part, et le risque d'accident, d'autre part.

De plus, les horaires des conducteurs impliqués dans les accidents seront intégrés dans plusieurs des modèles de fatigue, ce qui permettra de déterminer si l'horaire aurait prédit un accident associé à la fatigue. Plus particulièrement, la valeur prédictive des modèles proposés par Akerstedt (1998), Balkin et coll. (2000) et Fletcher et Dawson (2001) sera déterminée. Pour autant que ces modèles aient une bonne valeur prédictive, les horaires susceptibles d'induire de la fatigue seront «validés» par les données sur les accidents.

RÉFÉRENCES

Akerstedt, T. Readily available countermeasures against operator fatigue. *Managing Fatigue in Transportation*, pp. 105-122. 1998.

Akerstedt, T., Kecklund, G., Gillberg, M., Lowden, A., and Axelsson, J. Sleepiness and days of recovery. *Traffic Psychology and Behaviour*, 3, pp. 251-261. 2000.

Akerstedt, T. and Torsvall, L. Napping in shift work. *Sleep*, 8, pp. 105-109. 1985.

Akerstedt, T., Torsvall, L., and Gillberg, M. Shift work and napping. In *Sleep and Alertness: Chronobiological, Behavioral, and Medical Aspects of Napping*, New York, NY: Raven Press, Ltd. 1989.

Balkin, T., Thome, D., Sing, H., Thomas, M., Redmond, D., Wesensten, N., Williams, J., Hall, S., and Belenky, G. *Effects of sleep schedules on commercial motor vehicle driver performance*. U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carrier Safety Administration. Study Objective I: Field Study - Actigraphic assessment of the sleep of CMV drivers over 20 consecutive days; Study Objective II: Laboratory Study - The sleep dose/response (SDR) study. 2000.

Baynard, M.D., Nosker, G.S., Dinges, D.F., and Van Dongen, H.P. Neurobehavioral performance deficits during total sleep deprivation: Effects of sleep/wake history and prior exposure to total sleep deprivation. *Sleep*, 25. 2000.

Boivin, D.B. and James, F.O. Circadian adaptation to night-shift work by judicious light and darkness exposure. *Journal of Biological Rhythms*, 17, pp. 556-567. 2002.

Bonnefond, A., Muzet, A., Winter-Dill, A., Bailloeuil, C., Bitouze, F., and Bonneau, A. Innovative working schedule: Introducing one short nap during the night shift. *Ergonomics*, 44, pp. 937-945. 2001.

Boquet A., Cruz C., Nesthus T.E., Detwiler C., Knecht W., and Holcomb K. *A laboratory comparison of clockwise and counter-clockwise rapidly rotating shift schedules, Part III: Effects on core body temperatures and neuroendocrine measures*. FAA Technical Report DOT/FAA/AM-02/20. Oklahoma, Civil Aerospace Medical Institute. 2002.

Cruz, C., Boquet, A., Detwiler, C., and Nesthus, T. *A laboratory comparison of clockwise and counter-clockwise rapidly rotating shift schedules, Part II: Performance*. FAA Technical Report DOT/FAA/AM-02/13. Oklahoma, Civil Aerospace Medical Institute. 2002.

Cruz, C., Detwiler, C., Nesthus, T., and Boquet, A. *A laboratory comparison of clockwise and counter-clockwise rapidly rotating shift schedules, Part I: Sleep Report*. FAA Technical Report DOT/FAA/AM-02/8. Oklahoma, Civil Aerospace Medical Institute. 2002.

Fletcher, A. and Dawson, D. Field-based validations of a work-related fatigue model based on hours of work. *Traffic Psychology and Behaviour*, Transportation Research Part F, pp. 75-88. 2001.

Gaudreau, H., Morettini, J., Lavoie, H.B., and Carrier, J. Effects of a 25-hour sleep deprivation on daytime sleep in the middle-aged. *Neurobiological Aging*, 22, pp. 461-468. 2001.

Hanowski, R.J., Wierwille, W.W., Gellatly, A.W., Early, N., and Dingus, T.A. *Impact of local short haul operations on driver fatigue*. U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carrier Safety Administration. 2000.

Härmä, M. Individual differences in tolerance to shift work: A review. *Ergonomics*, 13, pp. 101-109. 1992.

Hennig, J.P., Moritz, C., Huwe, S., and Netter, P. Changes in cortisol secretion during shiftwork: Implications for tolerance to shift work? *Ergonomics*, 41, pp. 610-621. 1998.

Horne, J.A. and Reyner, L.A. Sleep related vehicle accidents. *British Medical Journal*, 310, pp. 565-567. 1995.

James, F.O., Chevrier, E., and Boivin, D.B. Improvement of daytime sleep in shift workers by judicious light exposure. *Sleep*, 25, pp. A156-A157. 2002.

Jones, I.S. and Stein, H.S. *Effect of driver hours-of-service on tractor-trailer crash involvement*. Arlington, VA, Insurance Institute for Highway Safety. 1987.

Kecklund, G. and Akerstedt, T. Effects of timing of shifts on sleepiness and sleep duration. *Journal of Sleep Research*, 4, pp. 47-50. 1995.

Knauth, P. Changing schedules: Shiftwork. *Chronobiology International*, 14, pp. 159-171. 1997.

Macchi, M.M., Boulos, Z., Ranney, T., Simmons, L., and Campbell, S.S. Effects of an afternoon nap on nighttime alertness and performance in long-haul drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 34, pp. 825-834. 2002.

Mitler, M.M., Miller, J.C., Lipsitz, J.J., Walsh, J.K., and Wylie, C.D. The sleep of long-haul truck drivers. *New England Journal of Medicine*, 337. 1997.

Nachreiner, F. Individual and social determinant of shiftwork tolerance. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 24, pp. 35-42. 1998.

O'Neill, T.R., Kruegar, G.P., Van Hemel, S.B., and McGowan, A.L. *Effects of operating practices on commercial driver alertness*. FHWA-MC-99-140. Washington, D.C., Office of Motor Carrier and Highway Safety, Federal Highway Administration. 1999.

Price, N.J., Rogers, N.L., Fox, C.G., Szuba, M.P., Van Dongen, H.P., and Dinges, D.F. Sleep physiology following 88h total sleep deprivation: Effects of recovery sleep duration. *Sleep*, 25, pp. A92-A93. 2000.

Quera-Salva, M.A., Guilleminault, C., Claustrat, B., Defrance, R., Gajdos, P., Crowe McCann, C., and De Lattre, J. Rapid shift in peak melatonin secretion associated with improved performance in short shift work schedule. *Sleep*, 20, pp. 1145-1150. 1997.

Rogers, N.L., Van Dongen, H.P., Power IV, J.W., Carlin, M.M., Szuba, M.P., Maislin, G., and Dinges, D.F. Neurobehavioural functioning during chronic sleep restriction at an adverse circadian phase. *Sleep*, 25, pp. A126-A127. 2000.

Rosekind, M., Smith, R.M., and Miller, D.L. Alertness management: Strategic naps in operational settings. *Journal of Sleep Research*, 4, pp. 62-66. 1995.

Schweitzer, P.K., Randazzo, A.C., Stone, K.L., and Walsh, J.K. Evening naps and/or caffeine as countermeasures for sleepiness during simulated night shifts. *Sleep*, 25, pp. A157-A158. 2000.

Signal, L. and Gander, P.H. Psychomotor performance improvements with a short workplace nap on the night shift: The benefits of stage 1 sleep. *Sleep*, 25, pp. A116. 2000.

Smith-Coggins, R., Howard, S., Kawn, S., Wang, C., Rosekind, M., Sowb, Y., Balise, R., and Gaba, D. Do naps during the night shift improve performance in the emergency department? *Sleep*, 25, pp. A116-A117. 2000.

Tepas, D.I., Carvalhais, A.B., and Popkin, M. Shiftworker nap strategies. *Sleep Research*, 19, pp. 125. 1990.

Tietzel, A.J. and Lack, L.C. The recuperative value of brief and ultra-brief afternoon naps. *Sleep*, 25, pp. A117-A118. 2000.

Totterdell, P., Spelten, E., Smith, L., Barton, J., and Folkard, S. Recovery from work shifts: How long does it take? *Journal of Applied Psychology*, 80, pp. 43-57. 1995.

Van Dongen, H.P., Baynard, M.D., Nosker, G.S., and Gingues, D.F. Repeated exposure to total sleep deprivation: Substantial trait differences in performance impairment among subjects. *Sleep*, Abstract Supplement, pp. A90. 2002.

Weibel, L., Spiegel, K., Gronfier, C., Follenius, M., and Brandenberger, G. Twenty-four-melatonin and core body temperature rhythms: Their adaptation in night workers. *American Journal of Physiology*, 272, pp. R948-R954. 1997.

Wylie, C.D., Shultz, T., Miller, J.C., Mitler, M.M., and Mackie, R.R. *Étude sur le pouvoir de récupération aux périodes de repos chez les conducteurs de véhicules utilitaires*. TP 12850F. Montréal, Québec, Centre de développement des transports, Sécurité et sûreté, Transports Canada. 1997.